

**SISTEM MONITORING SUDUT HADAP PAYLOAD
TERHADAP TITIK PELUNCURAN ROKET**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

CHOLIK HARI WAHYUDI

NIM. 0810630039-63

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

MALANG

2013

SISTEM MONITORING SUDUT HADAP *PAYLOAD* TERHADAP TITIK PELUNCURAN ROKET

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

CHOLIK HARI WAHYUDI

NIM. 0810630039-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh

Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

Mochammad Rif'an, ST., MT.
NIP. 19710301 200012 1 001

Ir. Nurussa'adah, MT.
NIP. 19680706 199203 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM MONITORING SUDUT HADAP PAYLOAD
TERHADAP TITIK PELUNCURAN ROKET

SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:
CHOLIK HARI WAHYUDI
NIM. 0810630039 – 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 1 Juli 2013

DOSEN PENGUJI

Ir. Muhammad Julius St., MS.
NIP. 19540720 198203 1 002

Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.
NIP. 19590304 198903 1 001

Goegoes Dwi N., ST., MT.
NIP. 19711013 200604 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono., MS.
NIP. 19580728 198701 1 001

PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim.

Puji syukur kepada Tuhan YME atas segala petunjuk serta nikmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi berjudul “Sistem Monitoring Sudut Hadap *Payload* terhadap Titik Peluncuran Roket” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

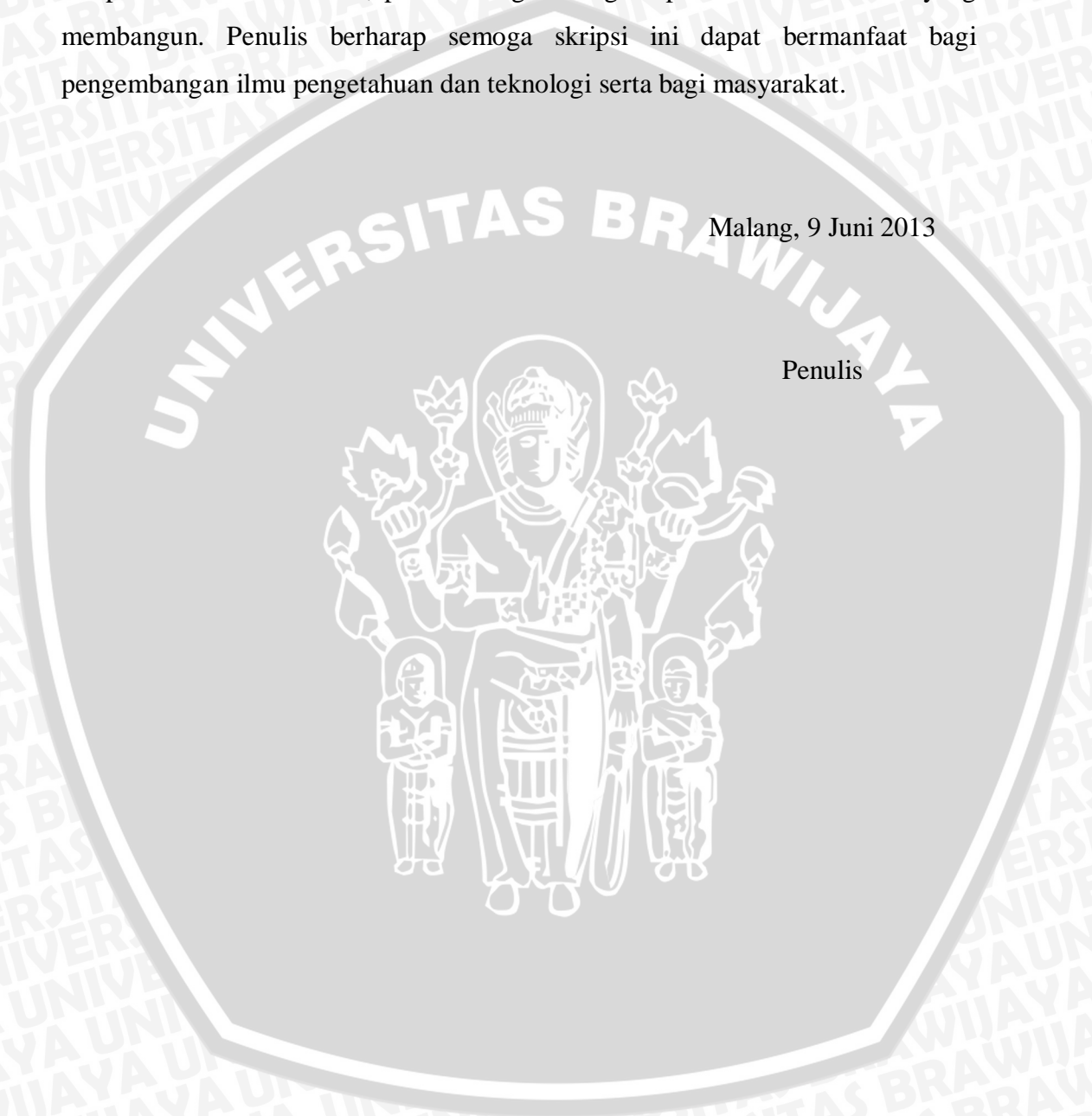
- Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- M. Aziz Muslim, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ir. M. Julius St, MS. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- M. Rif'an, ST., MT. dan Ir. Nurussa'adah, MT. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, ide, nasihat, arahan, motivasi, serta saran yang telah diberikan.
- Ayah Sugiono dan Ibu Sulastri atas segala nasihat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya didalam mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Yuli Choirur Riyanto, ST., Sri Utami, dan seluruh guru penulis selama di bangku sekolah atas segala dukungan dan doa,
- Adik tersayang Ricki Nur Bayu, atas segala doa dan motivasinya,
- Maryam Faizah, atas segala dukungan, perhatian, dan doanya,
- Rekan-rekan Tim KOMURINDO Teknik Elektro Universitas Brawijaya periode 2009-2010 (Al-Fatih), 2010-2011 (E-Fly 63), 2011-2012 (E-Fly 63), 2012-2013 (UB1) atas ide dan bantuan alat,
- Teman-teman Angkatan 2008 Paket B atas bantuan ide dan saran-sarannya.

- Teman-teman angkatan 2008, teman-teman HME, senior, WORKSHOP serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, 9 Juni 2013

Penulis



ABSTRAK

Cholik Hari Wahyudi, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Februari 2013, Sistem Monitoring Sudut Hadap *Payload* terhadap Titik Peluncuran Roket, Dosen Pembimbing: M. Rif'an, ST., MT. dan Ir. Nurussa'adah, MT.

Payload atau muatan roket merupakan salah satu produk elektronika yang sangat bermanfaat dalam bidang teknologi dirgantara. *Payload* tersusun atas beberapa sensor yang berfungsi untuk mengetahui keadaan lingkungan. Selain itu *payload* juga dibekali sensor-sensor yang digunakan sebagai monitor pergerakan *payload*. Sensor kompas digital merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk menunjukkan arah *payload*. Sedangkan modul GPS merupakan modul yang dapat menunjukkan koordinat titik peluncuran serta posisi *payload* saat bergerak di udara. Sensor kompas digital CMPS10 dan modul GPS SKM-53 dapat diimplementasikan pada *payload* sehingga dapat menunjukkan sudut hadap *payload* terhadap titik peluncurannya.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa modul kompas digital CMPS10 memiliki akurasi sebesar $\pm 1^\circ$. Modul GPS receiver SKM-53 memiliki akurasi sebesar 6,63 meter (radius). Modul RF transceiver YS-1020 mampu melakukan transmisi data hingga radius 270 meter. Sistem monitoring sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran mampu menunjukkan besarnya sudut hadap dengan akurasi sebesar 1° pada jarak lebih dari 50 meter, dan akurasi berubah hingga 15° pada jarak kurang dari 50 meter.

Kata kunci: Kompas Digital CMPS10, Modul GPS SKM-53, Sudut Hadap *Payload*, Monitor.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II.....	5
2.1 Kompas	5
2.2 Sensor Kompas Digital CMPS10	7
2.3 Sistem Koordinat Bumi.....	8
2.4 <i>Global Positioning System (GPS) Receiver</i>	13
2.5 Modul GPS <i>Receiver</i> SKM-53.....	16
2.6 Sudut Hadap <i>Payload</i> terhadap Titik Peluncuran Roket	17
2.7 Mikrokontroler ATMega128.....	21
2.8 Radio Frekuensi YS-1020U	29
2.9 Visual Basic.....	30
BAB III.....	33
3.1 Metode Penelitian	33
3.2 Penentuan Spesifikasi Sistem.....	33
3.3 Studi Literatur.....	33
3.4 Perancangan Alat.....	34
3.5 Pengujian Sistem	35
BAB IV.....	36
4.1 Perancangan Diagram Blok Sistem	36

4.2	Perancangan Sistem Mekanik <i>Payload</i>	37
4.3	Perancangan Sistem Elektrik <i>Payload</i>	37
4.4	Perancangan Sistem Elektrik <i>Ground Segment</i>	43
4.5	Perancangan Perangkat Lunak	43
BAB V	.....	47
5.1	Pengujian Catu Daya	47
5.2	Pengujian Mikrokontroler ATmega128	48
5.3	Pengujian Sensor Kompas Digital	49
5.4	Pengujian Modul GPS <i>Receiver</i> SKM-53.....	55
5.5	Pengujian Modul RF <i>Transceiver</i> YS-1020.....	60
5.6	Pengujian Sistem Keseluruhan	63
BAB VI	.....	67
6.1	Kesimpulan	67
6.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	.....	68
LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI ALAT	.....	69
LAMPIRAN 2 SKEMA RANGKAIAN	.....	71
LAMPIRAN 3 LISTING PROGRAM MIKROKONTROLER	.....	73
LAMPIRAN 4 LISTING PROGRAM ANTARMUKA	.....	79
LAMPIRAN 5 DATASHEET	.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Medan Magnet Bumi dan Kutub Bumi.....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi Deklinasi Magnetik pada Kompas	6
Gambar 2.3 Informasi Deklinasi Magnetik	6
Gambar 2.4 Bentuk Fisik Sensor Kompas CMPS10	7
Gambar 2.5 Garis Lintang dan Garis Bujur Bumi.....	9
Gambar 2.6 Perbedaan Lingkaran Imaginer pada Garis Lintang.	11
Gambar 2.7 Komponen Perhitungan Jarak antara Dua Titik Koordinat.....	12
Gambar 2.8 Klasifikasi GPS <i>Receiver</i>	13
Gambar 2.9 Diagram Blok Komponen GPS <i>Receiver</i>	14
Gambar 2.10 Sistem Koordinat 3D.....	15
Gambar 2.11 Modul GPS <i>Receiver</i> SKM-53	16
Gambar 2.12 Ilustrasi Sudut α	18
Gambar 2.13 Posisi <i>Payload</i> pada Daerah 1	19
Gambar 2.14 Posisi <i>Payload</i> pada Daerah 2	19
Gambar 2.15 Posisi <i>Payload</i> pada Daerah 3	20
Gambar 2.16 Posisi <i>Payload</i> pada Daerah 4	20
Gambar 2.17 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega128.....	22
Gambar 2.18 Format Pengiriman Data Serial	28
Gambar 2.19 Bentuk Dimensi RF YS-1020U.....	29
Gambar 2.20 Kotak Dialog <i>New Project</i> Visual Basic 2012	31
Gambar 2.21 IDE Visual Basic 2012.....	32
Gambar 4.1 Diagram Blok Prinsip Kerja Sistem	36
Gambar 4.2 Desain <i>Payload</i> dan Tata Letak Komponen <i>Payload</i>	37
Gambar 4.3 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATMega128.....	38
Gambar 4.4 Skema Rangkaian <i>Reset</i> Mikrokontroler	39
Gambar 4.5 Antarmuka Sensor CMPS10 dengan ATmega128	41
Gambar 4.6 Antarmuka Modul GPS <i>Receiver</i> dengan ATmega128	41
Gambar 4.7 Rangkaian RF Transceiver pada <i>Payload</i>	42
Gambar 4.8 Rangkaian Catu Daya 3,3V	43
Gambar 4.9 Rangkaian RF Transceiver pada <i>Ground Segment</i>	43
Gambar 4.10 Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem secara Keseluruhan	44

Gambar 4.11 Diagram Alir Pengolahan Data GPS	45
Gambar 4.12 Diagram Alir Perangkat Lunak Pengolahan Data Kompas.....	46
Gambar 4.13 Diagram Alir Perangkat Lunak Program Visual	46
Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Catu Daya	47
Gambar 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya Tanpa Beban.....	48
Gambar 5.3 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya dengan Beban	48
Gambar 5.4 Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler	49
Gambar 5.5 Tampilan Pengujian Komunikasi Data	49
Gambar 5.6 Diagram Blok Pengujian Sensor Kompas.....	50
Gambar 5.7 Penentuan Titik Acuan 0°	50
Gambar 5.8 Posisi Sensor Kompas CMPS10 pada Bidang Pengujian	50
Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kompas CMPS10	52
Gambar 5.10 Posisi Sensor Kompas CMPS10 pada Pengujian (Gerak <i>Pitch</i>)	52
Gambar 5.11 Posisi Sensor Kompas CMPS10 pada Pengujian (Gerak <i>Roll</i>).....	54
Gambar 5.12 Diagram Blok Pengujian Modul GPS <i>Receiver</i>	55
Gambar 5.13 Penentuan Titik Koordinat Acuan	56
Gambar 5.14 Visualisasi Hasil Penentuan Posisi pada Pengujian Akurasi	58
Gambar 5.15 Visualisasi Hasil Penentuan Posisi pada Pengujian Ketepatan	60
Gambar 5.16 Blok Diagram Pengujian <i>Transceiver</i> RF YS-1020	60
Gambar 5.17 Skema Pengujian RF.....	61
Gambar 5.18 Transmisi Data YS-1020U hingga Jarak 250 m.....	62
Gambar 5.19 Transmisi Data YS-1020U dengan Jarak Lebih dari 270m	62
Gambar 5.20 Skema Pengujian Sistem secara Keseluruhan	63
Gambar 5.21 Ilustrasi Pengujian Sistem secara Keseluruhan	64
Gambar 5.22 Tampilan Program pada Salah Satu Pengujian	65
Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Jarak <i>Payload</i> - Titik Acuan terhadap Besarnya Kesalahan Pengukuran	66
Gambar 5.24 Ilustrasi Pengaruh Jarak <i>Payload</i> terhadap Pengukuran Sudut θ	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Sensor Kompas CMPS10	8
Tabel 2.2 Daftar Register Sensor CMPS10.....	8
Tabel 2.3 Pembacaan Data NMEA.....	17
Tabel 2.4 Karakteristik DC Mikrokontroler ATmega128.....	23
Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port A.....	24
Tabel 2.6 Fungsi Khusus Port B.....	24
Tabel 2.7 Fungsi Khusus Port C.....	25
Tabel 2.8 Fungsi Khusus Port D.....	25
Tabel 2.9 Fungsi Khusus Port E.....	26
Tabel 2.10 Fungsi Khusus Port F.....	26
Tabel 2.11 Fungsi Khusus Port G.....	27
Tabel 2.12 Rumus Penghitungan <i>Baudrate</i>	28
Tabel 2.13 Keterangan Pin-pin YS-1020U.....	30
Tabel 5.1 Daftar Perintah dari Komputer dalam Pengujian Mikrokontroler	49
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor Kompas CMPS10 pada Bidang Datar	51
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Peng-kompensasi Kemiringan (Gerak <i>Pitch</i>).....	53
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Peng-kompensasi Kemiringan (Gerak <i>Roll</i>).....	55
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Akurasi Modul GPS <i>Receiver</i> SKM-53	57
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Ketepatan Modul GPS <i>Receiver</i> SKM-53.....	59
Tabel 5.7 Nilai Ketepatan dan Besar Simpangan pada Titik Pengujian	59
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Sistem secara Keseluruhan.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Payload atau muatan roket merupakan salah satu produk elektronika yang menjadi salah satu objek kompetisi yang dilombakan pada tingkat nasional. *Payload* memiliki fungsi sebagai alat monitoring keadaan suatu tempat dari udara. *Payload* tersusun atas beberapa sensor serta perangkat elektronik lain yang menunjang fungsi monitoring tersebut. Perkembangan teknologi ini juga diikuti dengan perkembangan teknologi sensor yang dipakai pada muatan roket.

LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional) sebagai pengembang dalam dunia peroketan telah menyelenggarakan Kompetisi Muatan Roket Indonesia (KOMURINDO) tingkat perguruan tinggi. KOMURINDO merupakan suatu kompetisi tahunan yang diselenggarakan sebagai sarana pendidikan dan menarik minat, sekaligus untuk menyiapkan bibit unggul tenaga ahli di bidang roket. Kompetisi ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam merancang bangun teknologi roket pada bagian muatan roket mulai dari mendesain, membuat, melakukan uji fungsional sampai dengan melaksanakan uji terbang muatan roket.

Terdapat dua opsi dalam perancangan *payload* yang dilombakan dalam KOMURINDO, yakni opsi *homing* dan tanpa *homing*. Pada Kompetisi Muatan Roket Indonesia, setiap muatan roket yang dilombakan dilengkapi sensor-sensor untuk mengukur parameter-parameter meteorologi, serta memantau pergerakan muatan roket (*payload*) itu sendiri. Untuk itu, muatan roket dilengkapi dengan sensor seperti: sensor suhu, sensor percepatan, sensor kelembapan, sensor tekanan, serta kamera. Khusus pada *payload* dengan opsi *homing*, disertakan pula sensor kompas dan modul GPS *receiver* serta actuator berupa motor. Sensor kompas digital merupakan salah satu sensor yang digunakan untuk menunjukkan arah *payload* (*payload heading*). Sedangkan modul GPS *receiver* berfungsi sebagai penunjuk koordinat titik peluncuran serta posisi *payload* pada saat di udara. Sehingga dengan mengolah data sensor kompas digital dan modul GPS

receiver, dapat diketahui nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncurannya. Nilai dari sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran berfungsi sebagai parameter bagi aktuator dalam mengendalikan arah gerak *payload* kembali menuju titik peluncuran.

Proses pembuatan alat ini terbagi kedalam 2 tahap yaitu perancangan sistem muatan roket dan perancangan sistem *ground segment*. Perancangan *payload* meliputi perancangan sensor kompas digital CMPS10, modul GPS *receiver* SKM-53, mikrokontroler dan komponen-komponen elektronika lainnya. Sedangkan perancangan *ground segment* meliputi modul *data receiver* dan *software* antarmuka untuk memonitor arah muatan roket.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang sistem elektronik yang mampu mengukur sudut hadap (kompas) dalam keadaan miring?
- 2) Bagaimana merancang sistem elektronik yang dapat menunjukkan posisi (titik koordinat)?
- 3) Bagaimana merancang sistem elektronik yang mampu mengirimkan data secara wireless hingga jarak tertentu?
- 4) Bagaimana merancang sistem elektronik yang mampu mengukur besarnya sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket?

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan perancangan akan diberi batasan sebagai berikut:

- 1) Sistem monitoring sudut hadap *payload* dirancang sesuai dengan *rule* dan tempat pelaksanaan Komurindo.
- 2) Sistem monitoring yang dirancang hanya untuk memantau pergerakan arah hadap *payload* tanpa dilengkapi aktuator untuk menggerakkan *payload* kembali menuju titik peluncuran.
- 3) Sistem perangkat keras dikondisikan dapat bekerja pada cuaca yang ideal (cerah).

- 4) Proses pengolahan data koordinat menjadi sudut menggunakan pendekatan trigonometri.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sensor kompas digital yang dapat menunjukkan arah muatan roket terhadap titik peluncurannya dengan nilai penunjukan 0° sampai 180° (saat arah hadap *payload* menyimpang ke kanan dari titik peluncurannya) serta 0° sampai -180° (saat arah hadap *payload* menyimpang ke kiri dari titik peluncurannya) pada program antarmuka berupa grafik dan visualisasi dua dimensi.

1.5 Sistematika Pembahasan

Penelitian ini terdiri atas enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas mengenai teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat atau sistem.

BAB III Metodologi Penelitian

Membahas mengenai metode-metode yang digunakan dalam perancangan, pengujian, dan analisis data.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas mengenai penentuan spesifikasi alat beserta fungsi dan prinsip kerjanya, perancangan diagram blok, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak.

BAB V Pengujian dan Analisis

Memuat tentang aspek-aspek pengujian yaitu penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi penilaian atau komentar terhadap hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis dilakukan pada seluruh subsistem dan sistem secara keseluruhan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Memuat tentang intisari hasil pengujian, menjawab rumusan masalah, serta memberikan saran atau rekomendasi untuk perbaikan kualitas penelitian selanjutnya.

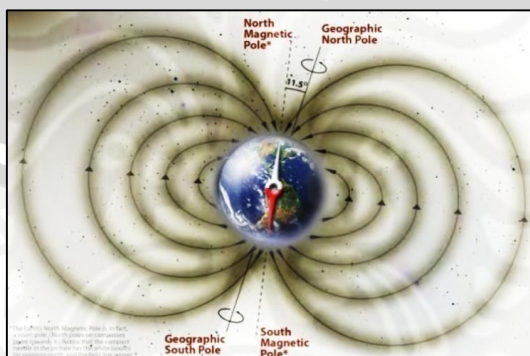


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

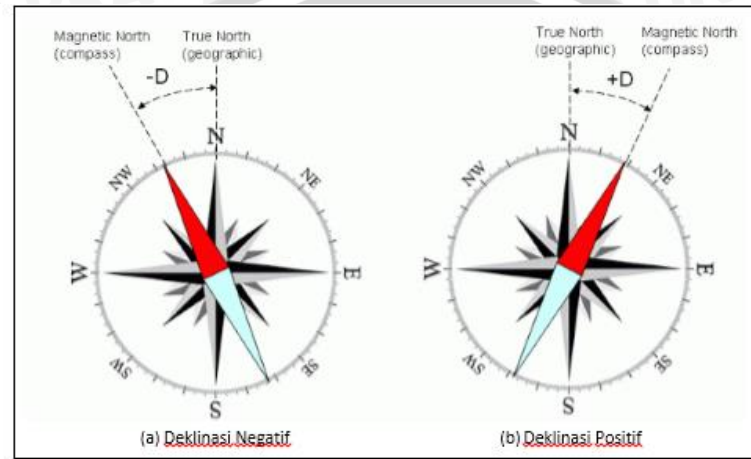
2.1 Kompas

Kompas merupakan alat bantu navigasi yang sering digunakan untuk menunjukkan arah di permukaan bumi. Pada dasarnya, suatu benda yang memiliki sifat magnetik dan mampu bergerak bebas dapat dikatakan sebagai kompas. Pada umumnya, kompas terdiri atas jarum penunjuk magnetik yang dapat bergerak bebas pada suatu poros. Pergerakan jarum penunjuk itu akan menyelaraskan medan magnet yang terdapat pada jarum dengan medan magnet bumi, sehingga dengan mudah dapat diperoleh informasi arah dengan menggunakan kutub utara magnet bumi sebagai acuannya. Akan tetapi yang perlu diperhatikan di sini adalah, yang ditunjuk oleh kompas adalah arah utara medan magnet bumi, bukan utara bumi yang sebenarnya. Kondisi medan magnet bumi sebenarnya ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Tampak bahwa *True North* atau *Geographic North Pole* yang merupakan kutub utara Bumi, sebenarnya tidak berhimpitan posisinya dengan kutub utara medan magnet Bumi (*North Magnetic Pole* atau *Magnetic North*). Pada sebagian besar daerah di Bumi, penunjukan jarum kompas memiliki penyimpangan terhadap kutub utara Bumi dengan besar sudut penyimpangan berbeda-beda. Sebenarnya hanya ada beberapa lokasi di bumi di mana jarum kompas itu menunjuk tepat ke arah utara (secara geografis). Sudut antara arah utara sejati dengan kutub utara magnetik bumi disebut sebagai deklinasi magnetik.



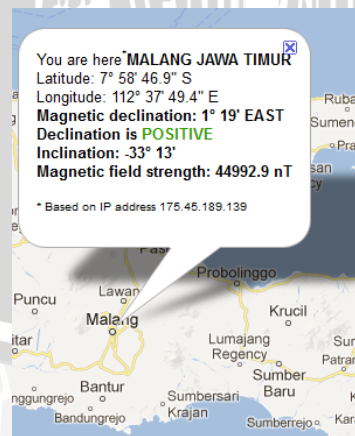
Gambar 2.1 Medan Magnet Bumi dan Kutub Bumi
Sumber: D. A. Wicaksono, 2009: 12

Deklinasi magnetik bervariasi baik dari tempat ke tempat, dan dengan berlalunya waktu. Jika pada suatu tempat jarum kompas mengarah searah jarum terhadap arah utara sejati, hal ini disebut deklinasi positif. Sedangkan apabila jarum kompas mengarah berlawanan arah jarum jam terhadap arah utara sejati disebut sebagai deklinasi negatif. Ilustrasi deklinasi magnetik pada kompas ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi Deklinasi Magnetik pada Kompas
 Sumber: www.mafia.mafiaol.com

Cara mudah untuk mengetahui besar deklinasi magnetik pada suatu tempat dapat dilakukan dengan memanfaatkan situs magnetic-declination.com. Metode ini cukup dilakukan dengan memasukkan nama lokasi (kota) yang akan dicari, selanjutnya akan ditampilkan peta lokasi tersebut beserta keterangan-keterangan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Informasi Deklinasi Magnetik
 Sumber: magnetic-declination.com

Azimuth sejati dari suatu tempat dapat diketahui berdasarkan persamaan berikut:

$$Z = Z_M + D \quad (2.1)$$

dengan:

Z = Azimuth Sejati

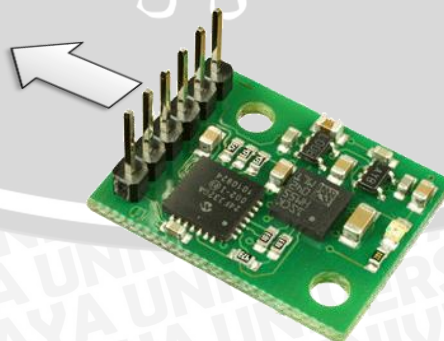
Z_M = Azimuth Magnetik

D = Deklinasi

2.2 Sensor Kompas Digital CMPS10

Sensor kompas CMPS10 adalah sensor kompas dengan fitur pengompensasi kemiringan. Dengan menggunakan sensor *3-axis magnetometer* dan *3-axis accelerometer* serta diproses dalam mikroprosesor 16-bit, sensor kompas CMPS10 didesain guna mengurangi eror yang disebabkan oleh kemiringan dari PCB. Jenis kemiringan tersebut dibedakan menjadi *pitch* (angguk) dan *roll* (guling). *Pitch* atau angguk adalah kemiringan sensor kompas terhadap bidang datar akibat gerakan memutar ke arah depan dan belakang. *Roll* atau guling adalah kemiringan sensor terhadap bidang datar akibat perputaran sensor ke arah kanan atau kiri.

Sensor kompas CMPS10 menghasilkan data keluaran digital 0-3599 yang merepresentasikan besarnya *bearing* sebesar 0-359,9° dengan resolusi sebesar 0,1°. CMPS10 memerlukan catu daya 3,3V-5V dengan arus nominal 25mA. Terdapat tiga cara dalam mengakses data dari sensor CMPS10, yaitu melalui antarmuka serial (UART), I2C, serta PWM. Bentuk fisik CMPS10 ditunjukkan dalam Gambar 2.4 dengan susunan pin sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 2.1.



Gambar 2.4 Bentuk Fisik Sensor Kompas CMPS10

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Sensor Kompas CMPS10

Pin	Keterangan
1	VCC
2	SDA/Tx
3	SCL/Rx
4	Mode
5	Factory Use
6	GND

Pemilihan cara mengakses data sensor CMPS10 dapat dilakukan dengan memanfaatkan pin Mode. Metode I2C dapat dipilih dengan membiarkan pin Mode dalam kondisi ambang, sedangkan metode serial UART dapat dipilih dengan memberikan logika rendah pada pin Mode.

Melalui komunikasi I2C, kita dapat mengakses data satu atau dua byte (8 bit atau 16 bit) dari 23 byte array register yang tersedia. Daftar register yang tersedia dalam sensor kompas CMPS10 beserta fungsinya ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

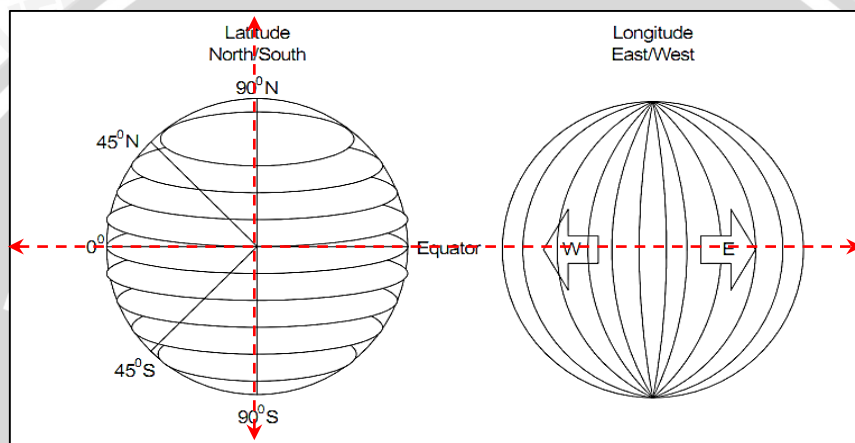
Tabel 2.2 Daftar Register Sensor CMPS10

Register	Fungsi
0	Software version
1	Compass bearing 8 bit
2,3	Compass bearing 16 bit
4	Pitch angle
5	Roll angle
6	(unused)
7	(unused)
8	(unused)
9	(unused)
10,11	Magnetometer X axis raw output
12,13	Magnetometer Y axis raw output
14,15	Magnetometer Z axis raw output
16,17	Accelerometer X axis raw output
18,19	Accelerometer Y axis raw output
20,21	Accelerometer Z axis raw output
22	Command register

2.3 Sistem Koordinat Bumi

Sistem koordinat Bumi yang umum digunakan dalam sistem *Global Positioning System* (GPS) disebut sebagai koordinat geografi. Koordinat ini diukur, kemudian dinyatakan sebagai lintang dan bujur dalam besaran derajat-

desimal, derajat-menit-desimal, atau derajat-menit-detik. Lintang diukur terhadap ekuator (khatulistiwa) sebagai titik nol (0° sampai 90° positif ke arah utara dan 0° sampai 90° negatif ke arah selatan). Bujur diukur berdasarkan titik nol di Greenwich nol (0° sampai 180° ke arah timur dan 0° sampai 180° ke arah barat). Titik 180° dari kedua bujur ini berada di daerah Samudra Pasifik. Koordinat geografi ini dapat dipetakan ke dalam koordinat XY dengan pemisalan sumbu X sejajar dengan garis lintang dan sumbu Y sejajar dengan garis bujur. Garis lintang dan garis bujur Bumi ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Garis Lintang dan Garis Bujur Bumi
Sumber: I. Marito, 2008: 18

2.3.1 Garis Lintang

Garis lintang (*latitude*) yaitu garis vertikal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan garis khatulistiwa atau ekuator. Titik di utara garis khatulistiwa disebut Lintang Utara, sedangkan titik di selatan khatulistiwa disebut Lintang Selatan. Dalam istilah geografi, garis lintang adalah garis khayal yang digunakan untuk menentukan lokasi di Bumi terhadap garis khatulistiwa. Posisi lintang dinotasikan dengan abjad Yunani ϕ (*phi*). Posisi lintang merupakan penghitungan sudut dari 0° di khatulistiwa sampai ke $+90^\circ$ di kutub utara dan -90° di kutub selatan.

Di Indonesia, lintang di sebelah utara khatulistiwa disebut Lintang Utara (LU), sedangkan lintang di sebelah selatan khatulistiwa disebut Lintang Selatan (LS). Lintang Utara dan Lintang Selatan menyatakan besarnya sudut antara posisi lintang dengan garis khatulistiwa.

2.3.2 Garis Bujur

Garis bujur (*longitude*) yaitu garis horizontal yang mengukur sudut antara suatu titik dengan titik nol di Bumi yaitu Greenwich di London. Titik di barat bujur 0° disebut Bujur Barat sedangkan titik di timur 0° disebut Bujur Timur. Dalam istilah geografi, garis bujur adalah garis khayal yang digunakan untuk menentukan lokasi di Bumi terhadap garis bujur 0° atau meridian utama. Posisi bujur dinotasikan dengan abjad Yunani λ (*lambda*). Posisi bujur merupakan perhitungan sudut dari 0° di meridian utama ke $+180^\circ$ arah timur dan -180° arah barat. Garis bujur tidak memiliki posisi awal alami seperti ekuator pada garis lintang. Oleh karena itu, sebuah dasar meridian harus dipilih untuk menjadi suatu kesepakatan internasional agar standard.

Di Indonesia, bujur di sebelah barat meridian disebut Bujur Barat (BB), sedangkan bujur di sebelah timur meridian disebut Bujur Timur (BT). Bujur Barat dan Bujur Timur merupakan garis khayal yang menghubungkan titik kutub utara dengan kutub selatan Bumi dan menyatakan besarnya sudut antara posisi bujur dengan garis meridian.

2.3.3 Jarak antara Dua Titik Koordinat

Dalam sistem navigasi dibutuhkan perhitungan jarak antara dua titik koordinat. Jarak dapat dihitung dengan menggunakan rumus Pythagoras atau dengan menggunakan rumus Haversine. Rumus Haversine digunakan untuk menghitung jarak yang sangat panjang di permukaan Bumi dengan akursi yang lebih baik dibandingkan dengan rumus Pythagoras. Dalam penelitian digunakan rumus Pythagoras karena jarak antara dua titik yang ingin diketahui pada umumnya saling berdekatan.

Bumi terbentuk seperti bola yang sedikit gepeng. Jari-jari terhadap kutub Bumi diperkirakan sebesar 6357 km dan jari-jari terhadap garis ekuator diperkirakan sebesar 6378 km. Perbedaan jari-jari tersebut adalah 21 km, atau 0,3%. Pada model perhitungan ini cukup baik digunakan nilai jari-jari sebesar 6367,5 km.

Diasumsikan terdapat dua buah titik yang terletak pada bujur yang sama tetapi pada lintang yang berbeda. Lintang untuk titik pertama disebut y_1 dan lintang untuk titik kedua disebut y_2 . Selisih antara dua titik tersebut dapat diukur

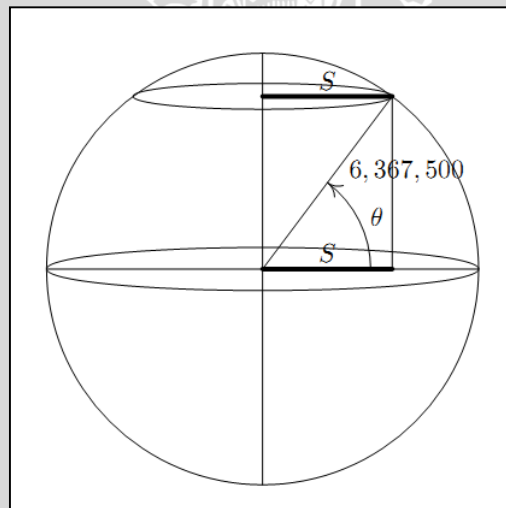
dalam derajat yakni sebesar $|y_2 - y_1|$. Karena jari-jari Bumi adalah $6367,5 \times 10^3$ meter maka dapat dikonversi nilai selisih dalam derajat tersebut ke dalam radian melalui Persamaan 2.2.

$$\Delta y = |y_2 - y_1| \times \frac{2 \times \pi \times 6367,5}{360} \text{ km} \quad (2.2)$$

Persamaan 2.7 dapat dinyatakan secara sederhana melalui Persamaan 2.3.

$$\Delta y = 111,134 \times |y_2 - y_1| \text{ km} \quad (2.3)$$

Selanjutnya, diasumsikan terdapat dua titik dengan lintang yang sama tetapi bujur yang berbeda, x_1 dan x_2 . Rumus yang sama seperti pada Persamaan 2.7 akan bekerja jika dua titik tersebut berada di ekuator, namun aplikasinya tidak selalu demikian. Lingkaran yang terbentuk secara imajiner pada garis lintang yang mendekati kutub Bumi lebih kecil dari pada lingkaran yang terbentuk secara imajiner pada garis lintang yang mendekati ekuator. Hal tersebut ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Perbedaan Lingkaran Imajiner pada Garis Lintang.

Berdasarkan gambar tersebut, nilai jari-jari lingkaran pada latitude θ , S , dapat diperoleh melalui Persamaan 2.4.

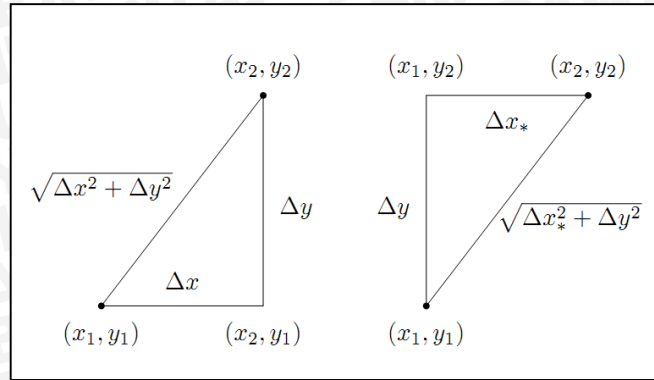
$$S = 6367,5 \times 10^3 \times \cos\theta \quad (2.4)$$

Sebelum menggunakan fungsi cosinus, maka perlu dilakukan konversi selisih lintang dari derajat ke radian melalui Persamaan 2.5.

$$\Delta x = |x_2 - x_1| \times \frac{2 \times \pi \times 6367,5 \times \cos\left(\frac{2\pi\theta}{360}\right)}{360} \text{ km} \quad (2.5)$$

Persamaan 2.5 dapat dinyatakan secara sederhana melalui Persamaan 2.6.

$$\Delta x = 111,134 \times |x_2 - x_1| \times \cos\left(\frac{2\pi\theta}{360}\right) \text{ km} \quad (2.6)$$



Gambar 2.7 Komponen Perhitungan Jarak antara Dua Titik Koordinat

Jika diasumsikan Bumi datar, untuk menghitung jarak pada area yang sempit dapat digunakan pendekatan seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.7, segitiga (a). Jarak antara dua titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) dapat diketahui melalui rumus Pythagoras seperti ditunjukkan dalam Persamaan 2.7.

$$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 111,134 \sqrt{(x_2 - x_1)^2 \cos^2\left(\frac{2\pi y_1}{360}\right) + (y_2 - y_1)^2} \text{ km} \quad (2.7)$$

Selain itu, juga dapat digunakan pendekatan seperti ditunjukkan pada segitiga (b). Jarak antara dua titik (x_1, y_1) dan (x_2, y_2) dapat diketahui melalui rumus Pythagoras seperti ditunjukkan dalam Persamaan 2.8.

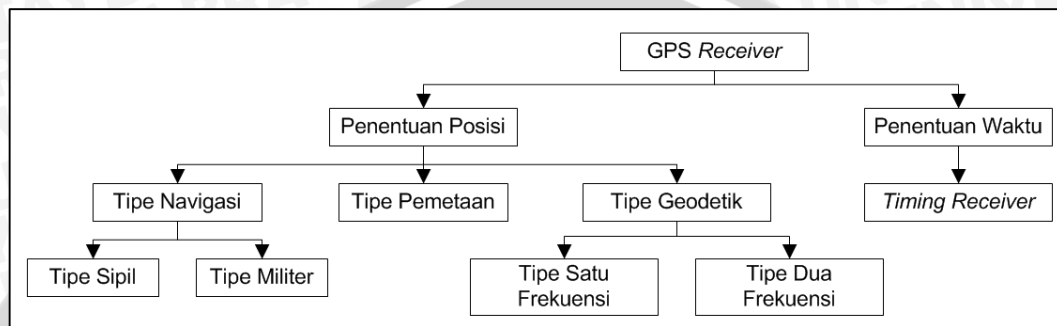
$$\sqrt{\Delta x_*^2 + \Delta y^2} = 111,134 \sqrt{(x_2 - x_1)^2 \cos^2\left(\frac{2\pi y_2}{360}\right) + (y_2 - y_1)^2} \text{ km} \quad (2.8)$$

Seharusnya hasil dari perhitungan melalui kedua pendekatan tersebut dapat menghasilkan nilai yang sama, tapi karena kenyataannya kita bekerja pada Bumi yang sesungguhnya berbentuk Bola maka hasilnya bisa saja sedikit berbeda. Perbedaan tersebut karena dalam perhitungan digunakan $\cos\left(\frac{2\pi y_1}{360}\right)$ atau $\cos\left(\frac{2\pi y_2}{360}\right)$. Secara praktik, perbedaan antara keduanya diperkirakan sangat kecil jika dua titik tersebut berdekatan. Sehingga cara terbaik dipilih untuk menghindari hal tersebut adalah dengan menggunakan rata-rata, sehingga rumus yang lebih tepat untuk menentukan perkiraan jarak antara dua titik tersebut ditunjukkan dalam Persamaan 2.9.

$$d = 111,134 \sqrt{(x_2 - x_1)^2 \cos^2\left(\frac{\pi(y_2 + y_1)}{360}\right) + (y_2 - y_1)^2} \text{ km} \quad (2.9)$$

2.4 Global Positioning System (GPS) Receiver

GPS receiver merupakan suatu perangkat yang mampu menerima sinyal satelit GPS (segmen angkasa), serta mampu menentukan posisi di Bumi melalui metode pengolahan sinyal dan perhitungan tertentu. Ditinjau dari fungsinya, GPS receiver diklasifikasikan menjadi beberapa jenis seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



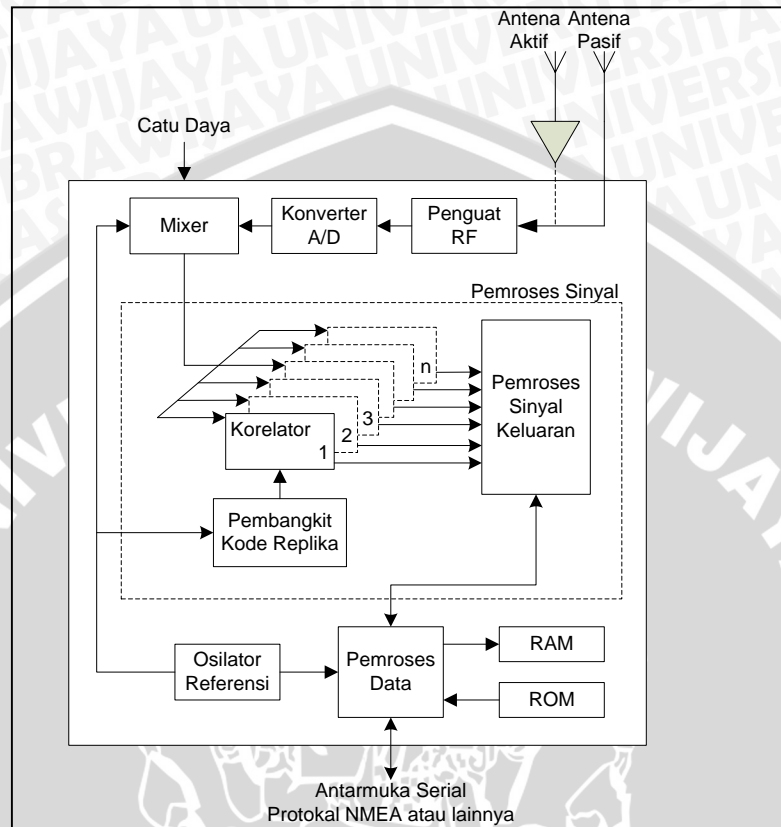
Gambar 2.8 Klasifikasi GPS Receiver

Sumber: H. Firmansyah, 2008: 15

GPS receiver dapat berupa perangkat genggam atau berupa modul. Sebuah modul GPS receiver secara umum terdiri atas beberapa komponen utama, diantaranya adalah bagian antena dan penguat awal, pemroses sinyal, pemroses data, osilator referensi, memori, dan antarmuka data keluaran (J. M. Zoog, 2002: 160).

Suatu modul GPS receiver memiliki blok diagram seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.9. Prinsip kerja modul GPS receiver dapat dijelaskan sebagai berikut. Sinyal dari satelit GPS ditangkap oleh Antena kemudian dikuatkan dan diubah menjadi sinyal dengan frekuensi intermediet. Sinyal kemudian diubah menjadi sinyal digital oleh Konverter A/D. Korelator melakukan proses sinkronisasi dengan mengkorelasikan kode dalam sinyal satelit GPS dengan kode replika yang terus dibangkitkan oleh Pembangkit Kode Replika. Ketika urutan kode yang sesuai ditemukan, Pemroses Sinyal Keluaran mengolah kode tersebut untuk memperoleh waktu tempuh sinyal. Pemroses Data menggunakan algoritma perhitungan yang tersimpan dalam ROM untuk menghitung data posisi berdasarkan data waktu tempuh sinyal dan kemudian menyimpan data hasil perhitungan ke dalam RAM. Data-data yang dihasilkan oleh GPS receiver tersebut dapat diakses oleh komputer atau pemroses data lainnya melalui suatu Antarmuka Serial ataupun lainnya. Data keluaran yang dapat diakses melalui

antarmuka tersebut dapat berupa protokol NMEA (*National Marine Electronics Association*) ataupun protokol lainnya yang dikeluarkan oleh pabrik perangkat GPS receiver tersebut.



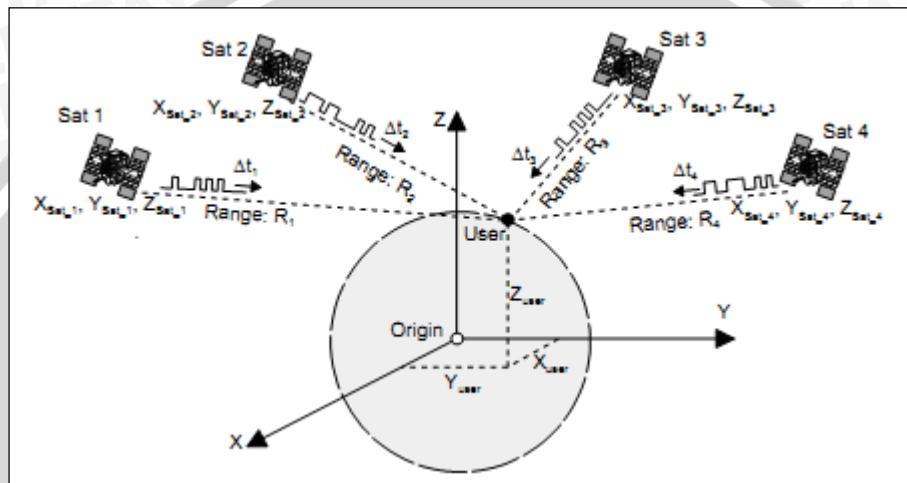
Gambar 2.9 Diagram Blok Komponen GPS Receiver
Sumber: J. M. Zoog, 2001: 159

Penentuan posisi menggunakan GPS adalah penentuan posisi dua dimensi (2D *fix*, minimal 3 satelit) atau tiga dimensi (3D *fix*, minimal 4 satelit), dinyatakan dalam sistem koordinat kartesian (X,Y,Z) dalam datum WGS (*World Geodetic System*). Untuk keperluan tertentu, koordinat kartesian tersebut dapat dikonversi ke dalam koordinat *geodetic* (φ, λ, h). Titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) maupun bergerak (*kinematic positioning*).

Berdasarkan aplikasinya, penentuan posisi dengan GPS dapat dikelompokkan menjadi beberapa metode yaitu, *absolute*, *differential*, *static*, *rapid-static*, *pseudo-kinematic*, dan *stop-and-go*. Di antara beberapa metode yang telah disebutkan, metode *absolute* merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk keperluan penentuan posisi. Selain sederhana, metode *absolute* yang juga disebut metode *point positioning* ini merupakan metode yang

dianggap murah karena hanya menggunakan satu GPS *receiver* saja. Namun kepresisian posisi dalam metode ini menjadi sangat bergantung pada akurasi GPS *receiver* serta kondisi geometri satelit-satelit GPS terhadap GPS *receiver*.

Dalam metode *absolute*, penentuan posisi secara 3D *fix* oleh suatu GPS *receiver* dibutuhkan *time signal* dari setidaknya 4 satelit GPS (Sat 1, Sat 2, Sat 3, Sat 4) untuk menghitung waktu tempuh sinyal $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4$. Untuk lebih jelasnya, perhatikan ilustrasi seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Sistem Koordinat 3D

Sumber: J. M. Zoog, 2001: 83

Perhitungan dilakukan dalam sistem koordinat kartesian tiga dimensi dengan *geocentric origin*. Jarak GPS *receiver* dengan masing-masing empat satelit R_1, R_2, R_3, R_4 dapat ditentukan dengan diperolehnya waktu tempuh sinyal $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3, \Delta t_4$. Karena lokasi masing-masing satelit tersebut $X_{sat}, Y_{sat}, Z_{sat}$ juga diketahui maka koordinat atau posisi GPS *receiver* di Bumi dapat dihitung.

Waktu saat sinyal ditransmisikan dapat diketahui secara presisi dengan adanya *atomic clock* yang terintegrasi pada satelit. Setiap *clock* satelit diatur atau disinkronisasikan dengan UTC (*Universal Time Coordinat*) dan satelit-satelit lainnya. Sedangkan *clock* pada GPS *receiver* tidak disinkronisasikan dengan UTC sehingga menjadi lebih lambat atau lebih cepat senilai Δt_0 . Tanda Δt_0 positif jika *clock* pada GPS *receiver* lebih cepat. Resultan *timer error* Δt_0 menyebabkan ketidakakuratan dalam pengukuran waktu tempuh sinyal Δt_i dan jarak R . Jarak R disebut juga *pseudo distance* atau *pseudo range* (PSR). PSR dihitung dengan menggunakan persamaan 2.10.

$$PSR_i = \sqrt{(X_{sat_i} - X_{receiver})^2 + (Y_{sat_i} - Y_{receiver})^2 + (Z_{sat_i} - Z_{receiver})^2} + (\Delta t_i \cdot C) \dots \dots (2.10)$$

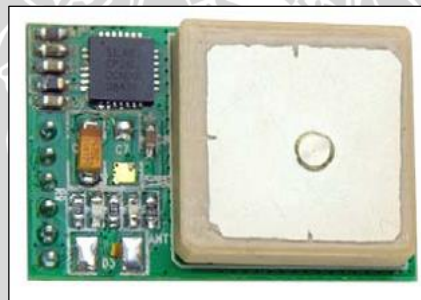
dengan,

i = indeks satelit

c = kecepatan cahaya

2.5 Modul GPS Receiver SKM-53

Modul GPS *receiver* merupakan salah satu jenis modul yang digunakan untuk menunjukkan koordinat suatu tempat. Modul berukuran 30x20 mm ini mampu mengakses hingga 22 satelit secara bersamaan dan mampu menangkap sinyal L1 dengan frekuensi 1575,42MHz. Modul GPS *receiver* ini diklaim memiliki akurasi kira-kira 3,0 meter. Modul ini memiliki format data keluaran dengan menggunakan protokol NMEA0183 V2.2 serta menggunakan datum WGS84. Transmisi data menggunakan komunikasi serial UART dengan *baudrate* 9600. Bentuk fisik modul GPS *Receiver* SKM-53 ditunjukkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Modul GPS *Receiver* SKM-53

2.5.1 Protokol NMEA

Protokol NMEA merupakan protokol yang saat ini banyak digunakan oleh berbagai macam penerima GPS, termasuk modul GPS *receiver* SKM-53. Contoh data keluaran dari GPS yang menggunakan format data NMEA adalah sebagai berikut:

```
$GPRMC,075747.000,A,2232.8990,N,11405.3368,E,3.9,357.8,260210,,,A*6A
```

Cara pembacaan data NMEA ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Pembacaan Data NMEA

Data ke-	Nilai	Deskripsi
1	\$GPRMC	RMC protokol <i>header</i>
2	075747	Time of fix 07:57:47 UTC
3	A	Navigation receiver warning, A = valid position, V = warning
3	2232.8990	Lintang geografis dalam format ddmm.mmmm (22 derajat dan 32.8990 menit)
4	N	N/S indicator, N = North or S = South
5	11405.3368	Bujur geografis dalam format dddmm.mmmm (114 derajat dan 5.3368 menit)
6	E	E/W indicator, E = East or W = West
7	3.9	Kecepatan dalam satuan knot
8	357.8	Course over ground
9	260210	UTC date of fix, (tanggal 26 bulan 2 tahun 2010)
10	A	Fix mode, A = autonomous, N = No fix, D = DGPS, E = DR
11	*6A	Checksum

Sumber: Klaus Betke, 2001: 9

2.6 Sudut Hadap *Payload* terhadap Titik Peluncuran Roket

Sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket merupakan besar sudut yang terbentuk dari penyimpangan arah hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket. Besar sudut hadap tersebut memiliki range 0° hingga 180° (arah hadap *payload* menyimpang ke kanan dari titik peluncuran) dan 0° hingga -180° (arah hadap *payload* menyimpang ke kiri dari titik peluncuran).

Dalam proses penentuan sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran diperlukan sedikitnya dua komponen utama, yaitu sensor kompas digital serta modul GPS *receiver*. Sensor kompas digital berfungsi sebagai penunjuk orientasi arah hadap *payload* (depan) dan besar sudut simpangannya terhadap arah utara, sedangkan GPS *receiver* berfungsi sebagai penunjuk titik koordinat titik peluncuran serta koordinat *payload* saat berada di udara. Dari dua titik koordinat yang diketahui dapat ditentukan besar sudut antara garis yang terbentuk oleh kedua titik tersebut dengan garis lintang acuan (garis lintang pada koordinat titik peluncuran).

Untuk menentukan arah hadap *payload* atau *payload heading* (besar penyimpangan sudut terhadap arah utara), sensor kompas diletakkan di tengah sistem mekanik *payload* dan menempatkan titik 0° sebagai penunjuk bagian depan

payload. Besarnya penyimpangan arah hadap *payload* terhadap arah utara bumi (*true north*) sesuai dengan persamaan 2.1 yang telah dijelaskan sebelumnya.

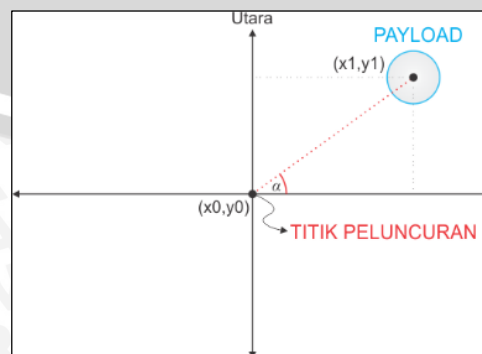
GPS *receiver* bekerja sebagai penunjuk titik koordinat dari pergerakan *payload*. Dengan memanfaatkan data GPS *receiver* pada header \$GPRMC, akan didapatkan data titik koordinat serta indikator validitas data. Sistem akan menentukan titik koordinat peluncuran *payload* setelah data dinyatakan valid oleh modul GPS *receiver*. Selanjutnya sistem secara berkala (1 detik sekali) menentukan titik koordinat pergerakan *payload* dari data yang diterima dari GPS *receiver*.

Proses pengolahan data GPS hingga diperoleh nilai sudut α , yaitu sudut antara garis yang terbentuk oleh titik peluncuran dengan posisi *payload* dengan garis lintang acuan (titik peluncuran) adalah sebagai berikut:

- 1) Pada saat *payload* dinyalakan, modul GPS akan melakukan *warmstart* selama 40 detik. Setelah modul sensor aktif, maka data koordinat dari GPS mulai dikirim ke mikrokontroler. Data tersebut diolah oleh mikrokontroler dan diset sebagai titik awal peluncuran roket (x_0, y_0) .
- 2) Setelah roket meluncur dan terjadi separasi serta *payload* telah mencapai kondisi stabil, data GPS yang dikirimkan ke mikrokontroler akan diolah dan ditentukan sebagai titik koordinat kedua (x_1, y_1) .
- 3) Setelah diperoleh dua titik koordinat, maka mikrokontroler melakukan konversi menjadi sudut α (dalam satuan derajat) dengan menggunakan persamaan berikut:

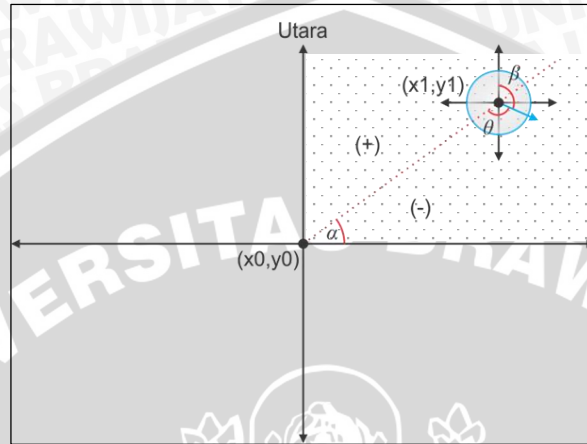
$$\alpha = \text{atan} \left(\frac{(y_0 - y_1)}{(x_1 - x_0)} \times \frac{1}{\cos\left(\frac{(y_0 + y_1)\pi}{360}\right)} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Ilustrasi sudut α ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Ilustrasi Sudut α

Pengolahan data guna diperoleh nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran dibagi menjadi empat bagian sesuai posisi *payload* terhadap titik peluncuran. Pembagian ini dimaksudkan untuk mempermudah proses penghitungan. Keempat daerah dari posisi *payload* ditunjukkan dalam Gambar 2.13 hingga 2.16.



Gambar 2.13 Posisi *Payload* pada Daerah 1

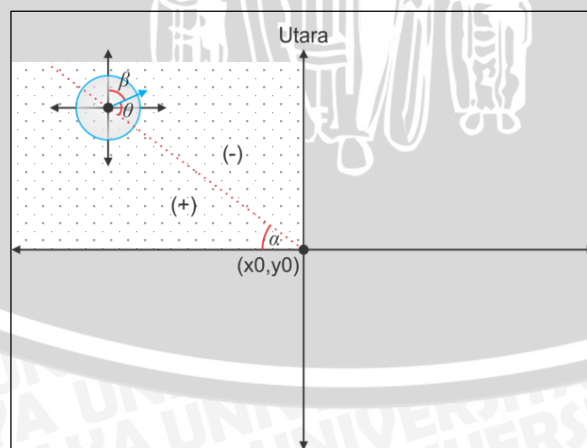
Nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran (θ) pada daerah I ditunjukkan dalam persamaan berikut.

- Pada kondisi $\beta < (90 - \alpha)$ maka

$$\theta = 90 + \alpha + \beta \dots\dots\dots(2.11)$$

- Pada kondisi $(90 - \alpha) < \beta < 360$, maka

$$\theta = \beta + \alpha - 270 \dots\dots\dots(2.12)$$



Gambar 2.14 Posisi *Payload* pada Daerah 2

Nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran (θ) pada daerah II ditunjukkan dalam persamaan berikut.

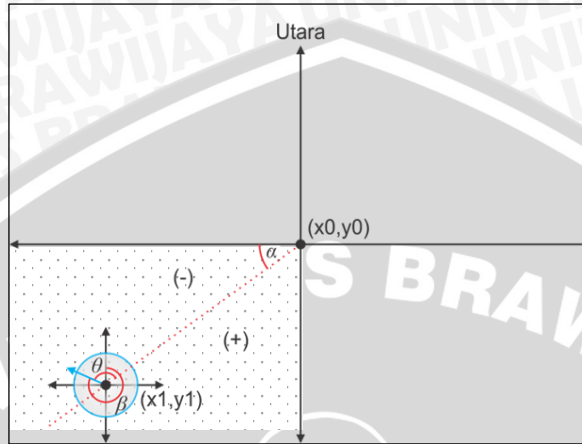


- Pada kondisi $0 < \beta < 270 + \alpha$ maka

$$\theta = \beta - \alpha - 90 \dots\dots\dots(2.13)$$

- Pada kondisi $\beta > 270 + \alpha$, maka

$$\theta = (\beta - 360) - (90 + \alpha) \dots\dots\dots(2.14)$$



Gambar 2.15 Posisi *Payload* pada Daerah 3

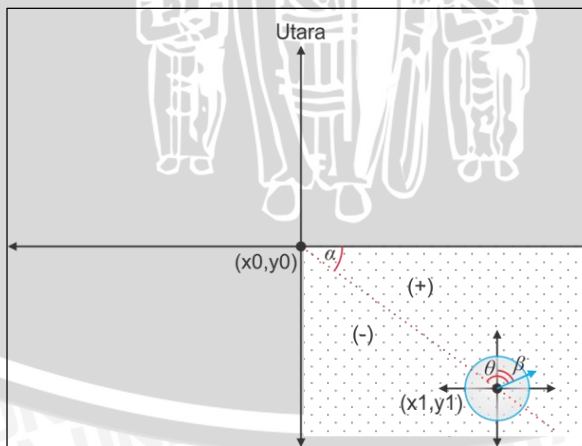
Nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran (θ) pada daerah III ditunjukkan dalam persamaan berikut.

- Pada kondisi $0 < \beta < (270 - \alpha)$ maka

$$\theta = \beta + \alpha - 90 \dots\dots\dots(2.15)$$

- Pada kondisi $\beta > 270 - \alpha$ maka

$$\theta = (\beta - 360) - (90 - \alpha) \dots\dots\dots(2.16)$$



Gambar 2.16 Posisi *Payload* pada Daerah 4

Nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran (θ) pada daerah IV ditunjukkan dalam persamaan berikut.

- Pada kondisi $0 < \beta < (90 + \alpha)$ maka



$$\theta = \beta - \alpha + 90 \dots\dots\dots(2.17)$$

- Pada kondisi $\beta > 90 + \alpha$ maka

$$\theta = \beta - \alpha - 270 \dots\dots\dots(2.18)$$

dengan:

θ = sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran (°)

α = *bearing* (°)

β = sudut hadap *payload* terhadap arah utara (°)

2.7 Mikrokontroler ATmega128

Secara umum, mikrokontroler berfungsi sama dengan komputer. Perbedaannya adalah mikrokontroler memiliki desain dalam sebuah *single chip* (IC). Mikrokontroler terdapat di hampir semua peralatan elektronik di sekeliling kita, di dalam *tape*, TV, radio, dan telepon genggam (*handphone*). Mikrokontroler memiliki kemampuan yang diperlukan untuk membuat keputusan berdasarkan sinyal dari luar, dengan kata lain mikrokontroler merupakan otak dari sebuah perangkat elektronik.

ATmega128 merupakan salah satu mikrokontroler produksi ATMEL keluarga AVR yang mempunyai 128 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 4 kbyte SRAM, 53 pin I/O yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, *real time counter* (RTC), empat buah *timer/counter* yang dapat diatur dengan menggunakan mode perbandingan (*compare mode*) dan PWM, dua buah USART, sebuah byte TWI (*two-wire serial interface*), sebuah port serial SPI, mempunyai 8 kanal 10 bit ADC, dan fitur *watchdog timer* terprogram dengan osilator internal.

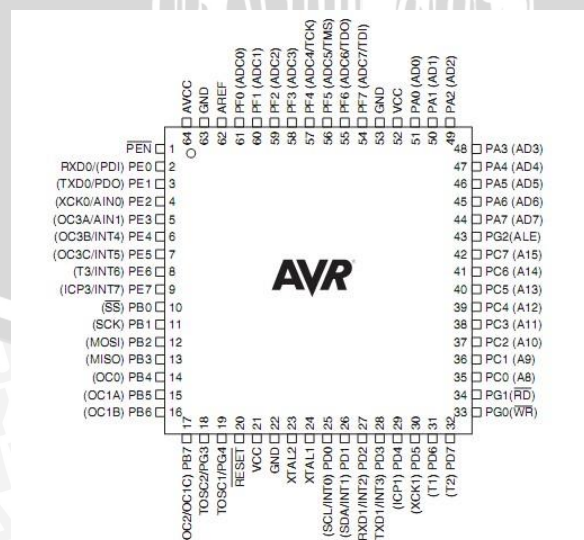
Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk chip tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu chip (*single chip*). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari *internal* memori ke ALU.

Dibanding mikroprosesor, mikrokontroler dalam sistem kontrol memiliki kelebihan dalam kemampuan dan lebih ekonomis karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan di dalam mikroprosesor tidak terdapat

keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler Atmega128 adalah sebagai berikut :

- a) Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel.
- b) Memiliki memori baca-tulis sebesar 4 kbyte SRAM.
- c) Jalur dua arah (*bidirectional*) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran yang dikontrol oleh *register* DDR.
- d) Dua buah jalur komunikasi serial USART yang dapat diprogram.
- e) Sebuah *master/slave* serial SPI yang dapat diprogram.
- f) Sebuah *Two Wire Serial Interface*.
- g) Dua buah *timer/counter* 8 bit dan dua buah *timer/counter* 16 bit.
- h) Dua buah kanal PWM 8-bit
- i) *Watcdog Timer* yang dapat diprogram.
- j) *Analog to Digital Converter (ADC)* 10-bit dan *Analog comparator* di dalam chip.
- k) Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- l) Flash PEROM yang besarnya 128 kbyte untuk memori program
- m) Mampu beroperasi sampai 16 MHz.

Masing-masing kaki dalam mikrokontroler Atmega128 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler ATmega128, perancangan aplikasi mikrokontroler ATmega128 akan lebih mudah. Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega128 ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Konfigurasi Pin Mikrokontroler ATmega128

Sumber: Atmel, 2010: 2

Mikrokontroler ATmega128 memiliki karakteristik elektrik dari pada keadaan tertentu (mikrokontroler dapat bekerja dengan baik) dimana $T_A = -40^\circ\text{C}$ sampai dengan 85°C dan $V_{CC} = 2.7\text{V}$ sampai dengan 5.5V . Karakteristik tersebut ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik DC Mikrokontroler ATmega128

Simbol	Parameter	Kondisi	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_{IL}	Input Low Voltage (kecuali XTAL1 & RESET)	$V_{CC} = 2.7 - 5.5$	-0,5		$0,2V_{CC}^{(1)}$	V
V_{IH}	Input High Voltage (kecuali XTAL1 & RESET)	$V_{CC} = 2,7 - 5,5$	$0,6V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0,5$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage pin XTAL1	$V_{CC} = 2,7 - 5,5$	-0,5		$0,1 V_{CC}^{(1)}$	V
V_{IH1}	Input High Voltage pin XTAL1	$V_{CC} = 2,7 - 5,5$	$0,7V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0,5$	V
V_{IL2}	Input Low Voltage pin RESET	$V_{CC} = 2,7 - 5,5$	-0,5		$0,2 V_{CC}^{(1)}$	V
V_{IH2}	Input High Voltage pin RESET	$V_{CC} = 2,7 - 5,5$	$0,85V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0,5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽³⁾ (Ports A,B,C,D,E,F,G)	$I_{OL} = 20 \text{ mA}, V_{CC} = 5\text{V}$			0,9	V
		$I_{OL} = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 3\text{V}$			0,6	
V_{OH}	Output High Voltage ⁽⁴⁾ (Port A,B,C,D,E,F,G)	$I_{OH} = -20 \text{ mA}, V_{CC} = 5\text{V}$	4,2			V
		$I_{OH} = -10 \text{ mA}, V_{CC} = 3\text{V}$	2,2			
I_{IL}	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5\text{V}$, pin low (absolute value)			1,0	μA
I_{IH}	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5\text{V}$, pin high (absolute value)			1,0	μA
R_{RST}	Reset Pull-up Resistor		30	60	85	$\text{k}\Omega$
R_{PEN}	PEN Pull-up Resistor		30		60	$\text{k}\Omega$
R_{PU}	I/O Pin Pull-up Resistor		20		50	$\text{k}\Omega$
I_{CC}	Power Supply Current	Active 4 MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		3	5,5	mA
		Active 8 MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		9,8	19	mA
		Idle 4 MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		1	2,5	mA
		Idle 8 MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		3,5	11	mA
	Power-down Mode	WDT enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		<10	25	μA
		WDT disabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		<1	10	μA
V_{ACIO}	Analog Comparator Input Offset Voltage	$V_{CC} = 5\text{V}$, $V_{in} = V_{CC}/2$			40	mV
I_{ACLK}	Analog Comparator Input Leakage Current	$V_{CC} = 5\text{V}$, $V_{in} = V_{CC}/2$	-50		50	nA
t_{ACPD}	Analog Comparator Propagation Delay	$V_{CC} = 2,7\text{V}$		750		ns
		$V_{CC} = 5,0\text{V}$		500		

Sumber: Atmel, 2010:320

2.7.1 Struktur Operasi Port pada ATmega128

Mikrokontroler ATmega128 ini mempunyai 6 port, masing-masing port memiliki 8 jalur I/O. Beberapa karakteristik port mikrokontroler ATmega128 dijelaskan secara singkat berikut ini:

- Setiap jalur I/O memiliki *buffer*, penahan (*latch*), kemudi *input* dan kemudi *output*.
- Setiap jalur I/O terdapat register pengatur apakah dijadikan *input* atau dijadikan *output*.
- Port A merupakan port I/O 8 bit dua arah dengan *pull-up* internal. Fungsi tambahan dari port A adalah sebagai jalur pengalamatan (*low byte*) dan data untuk antarmuka memori eksternal. Fungsi tambahan port A ditunjukkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Fungsi Khusus Port A

Pin	Fungsi Tambahan
PA7	AD7 (External memory interface address and data bit 7)
PA6	AD6 (External memory interface address and data bit 6)
PA5	AD5 (External memory interface address and data bit 5)
PA4	AD4 (External memory interface address and data bit 4)
PA3	AD3 (External memory interface address and data bit 3)
PA2	AD2 (External memory interface address and data bit 2)
PA1	AD1 (External memory interface address and data bit 1)
PA0	AD0 (External memory interface address and data bit 0)

Sumber : Atmel, 2010: 73

- Port B merupakan port I/O dua arah dengan *pull-up* internal. Fungsi tambahan dari port B ditunjukkan dalam Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Fungsi Khusus Port B

Pin	Fungsi Tambahan
PB7	OC2/OC1C (Output Compare and PWM Output for Timer/Counter2 or Output Compare and PWM Output C for Timer/Counter1)
PB6	OC1B (Output Compare and PWM Output B for Timer/Counter1)
PB5	OC1A (Output Compare and PWM Output A for Timer/Counter1)
PB4	OC0 (Output Compare and PWM Output for Timer/Counter0)
PB3	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB2	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB1	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB0	\overline{SS} (SPI Slave Select Input)

Sumber : Atmel, 2010: 74

- e) Port C merupakan port I/O dua arah dengan *pull up* internal. Di dalam mode ATmega103 *compatibility*, PORTC hanya sebagai output. Secara *default*, ATmega128 telah diset dalam mode ATmega103 *compatibility*. Fungsi tambahan dari PORTC adalah sebagai jalur alamat (*high byte*) untuk antarmuka memori eksternal, penjabaran lebih detail ditunjukkan dalam Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Fungsi Khusus Port C

Pin	Fungsi Tambahan
PC7	A15
PC6	A14
PC5	A13
PC4	A12
PC3	A11
PC2	A10
PC1	A9
PC0	A8

Sumber : Atmel, 2010: 77

- f) Port D merupakan port I/O dua arah dengan *pull up* internal. Fungsi tambahan dari port D ditunjukkan dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Fungsi Khusus Port D

Pin	Fungsi Tambahan
PD7	T2 (Timer/Counter2 Clock Input)
PD6	T1 (Timer/Counter1 Clock Input)
PD5	XCK1 (USART1 External Clock Input/Output)
PD4	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD3	INT3 / TXD1 (External Interrupt3 Input or UART1 Transmit Pin)
PD2	INT2 / RXD1 (External Interrupt2 Input or UART1 Receive Pin)
PD1	INT1 / SDA (External Interrupt1 Input or TWI Serial Data)
PD0	INT0 / SCL (External Interrupt1 Input or TWI Serial Clock)

Sumber : Atmel, 2010: 78

- g) Port E merupakan port I/O dua arah dengan *pull up* internal. Fungsi tambahan dari port E ditunjukkan dalam Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Fungsi Khusus Port E

Pin	Fungsi Tambahan
PE7	INT7/ICP3 (External Interrupt 7 Input or Timer/Counter3 Input Capture Pin)
PE6	INT6/T3 (External Interrupt 6 Input or Timer/Counter3 Clock Input)
PE5	INT5/OC3C (External Interrupt 5 Input or Output Compare and PWM Output C for Timer/Counter3)
PE4	INT4/OC3B (External Interrupt 4 Input or Output Compare and PWM Output B for Timer/Counter3)
PE3	AIN1/OC3A (Analog Comparator Negative Input or Output Compare and PWM Output A for Timer/Counter3)
PE2	AIN0/XCK0 (Analog Comparator Positive Input or USART external clock input)
PE1	PDO/TXD0 (Programming Data Output or UART0 Transmit Pin)
PE0	PDI/RXD0 (Programming Data Input or UART0 Receive Pin)

Sumber : Atmel, 2010: 81

Keterangan: 1. ICP3, T3, OC3C, OC3B, OC3A, dan XCK0 tidak dapat dipakai dalam mode ATmega103 *compatibility*.

- h) Port F digunakan sebagai jalur masukan sinyal analog untuk A/D Converter. Port F juga dapat digunakan sebagai port I/O 8-bit *bidirectional* serta disediakan resistor *pull-up* pada masing-masing pin. Fungsi tambahan dari port E ditunjukkan dalam Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Fungsi Khusus Port F

Pin	Fungsi Tambahan
PF7	ADC7/TDI (ADC Input Channel 7 or JTAG Test Data Input)
PF6	ADC6/TDO (ADC Input Channel 6 or JTAG Test Data Output)
PF5	ADC5/TMS (ADC Input Channel 5 or JTAG Test Mode Select)
PF4	ADC4/TCK (ADC Input Channel 4 or JTAG Test Clock)
PF3	ADC3 (ADC Input Channel 3)
PF2	ADC2 (ADC Input Channel 2)
PF1	ADC1 (ADC Input Channel 1)
PF0	ADC0 (ADC Input Channel 0)

Sumber : Atmel, 2010: 83

- i) Port G merupakan port I/O 5-bit dua arah dengan *pull up* internal. Di dalam mode ATmega103 *compatibility*, PORTG hanya dapat menjalankan fungsi alternatif saja dan tidak dapat digunakan sebagai pin I/O pada umumnya. Fungsi alternatif PORTG ditunjukkan dalam Tabel 2.11



Tabel 2.11 Fungsi Khusus Port G

Pin	Fungsi Tambahan
PG4	TOSC1 (RTC Oscillator Timer/Counter0)
PG3	TOSC2 (RTC Oscillator Timer/Counter0)
PG2	ALE (Address Latch Enable to external mamory)
PG1	RD (Read strobe to external memory)
PG0	WR (Write strobe to external memory)

Sumber : Atmel, 2010: 85

2.7.2 Komunikasi Data Serial

Ada 2 macam cara komunikasi data serial yaitu Sinkron dan Asinkron. Pada komunikasi data serial sinkron, *clock* dikirimkan bersama sama dengan data serial, tetapi *clock* tersebut dibangkitkan sendiri-sendiri baik pada sisi pengirim maupun penerima. Sedangkan pada komunikasi serial asinkron tidak diperlukan *clock* karena data dikirimkan dengan kecepatan tertentu yang sama baik pada pengirim maupun penerima.

Pada UART, kecepatan pengiriman data (*baudrate*) dan *fase clock* pada sisi transmitter dan sisi receiver harus sinkron. Untuk itu diperlukan sinkronisasi antara Transmitter dan Receiver. Hal ini dilakukan oleh bit “Start” dan bit “Stop”. Ketika saluran transmisi dalam keadaan *idle*, output UART adalah dalam keadaan logika “1”. Ketika Transmitter ingin mengirimkan data, *output* UART akan diset dulu ke logika “0” untuk waktu satu bit. Sinyal ini pada receiver akan dikenali sebagai sinyal “Start” yang digunakan untuk menyinkronkan *fase clock* nya sehingga sinkron dengan *fase clock* transmitter.

Selanjutnya data akan dikirimkan secara serial dari bit yang paling rendah (bit 0) sampai bit tertinggi. Selanjutnya akan dikirimkan sinyal “Stop” sebagai akhir dari pengiriman data serial. Sebagai contoh misalnya akan dikirimkan data huruf “A” dalam format ASCII (atau sama dengan 41 heksa atau 0100 0001). Kecepatan transmisi (*baud rate*) dapat dipilih bebas dalam rentang tertentu. *Baudrate* yang umum dipakai adalah 110, 135, 150, 300, 600, 1200, 2400, dan 9600 (bit/per detik). Dalam komunikasi data serial, *baudrate* dari kedua alat yang berhubungan harus diatur pada kecepatan yang sama. Selanjutnya harus

ditentukan panjang data (6,7 atau 8 bit), paritas (genap, ganjil, atau tanpa paritas), dan jumlah bit “Stop” (1, 1 ½, atau 2 bit).

Mikrokontroler ATmega128 dilengkapi dengan fasilitas komunikasi serial USART (*Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter*). Untuk menghitung *baudrate* komunikasi serial digunakan rumus seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.12.

Tabel 2.12 Rumus Penghitungan *Baudrate*

Operating Mode	Equation for Calculating Baud Rate	Equation for Calculating UBRR Value
Asynchronous Normal mode (U2X = 0)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Double Speed Mode (U2X = 1)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8BAUD} - 1$
Synchronous Master Mode	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2BAUD} - 1$

Sumber : Atmel, 2006:136

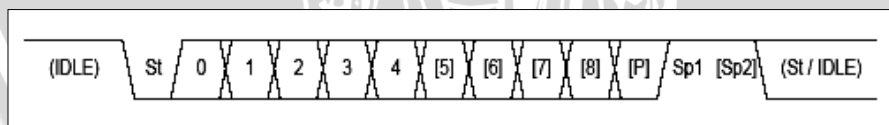
dengan:

f_{osc} = Frekuensi *clock* sistem osilator

UBRR = Register *baudrate* yang terdiri dari UBRRH dan UBRRH

BAUD = *Baudrate* dalam *bit per second* (bps)

Format pengiriman data secara serial menggunakan ATmega128 ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.18 Format Pengiriman Data Serial

Sumber : Atmel, 2006:137

dengan:

St = Bit *start* selalu berlogika rendah

(n) = Banyaknya data yang dikirim (0-8)

P = Bit paritas (ganjil atau genap)

Sp = Bit *stop* selalu berlogika tinggi (bit stop bisa berjumlah 1 atau 2)

IDLE = Tidak ada data yang ditransfer pada RX dan TX, IDLE selalu berlogika tinggi.

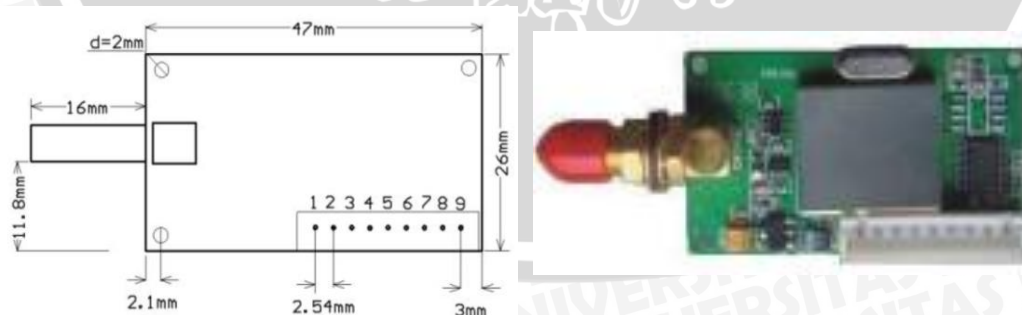
2.8 Radio Frekuensi YS-1020U

YS-1020 merupakan modul Radio Frekuensi menggunakan daya rendah yang dirancang untuk mentransmisikan data secara serial (UART) dalam jarak pendek. YS-1020 terdiri dari komponen terintegrasi (CC1020 RF) yang dapat bekerja dalam dua arah yaitu dapat sebagai pemancar (*Transmitter*) dan penerima (*Receiver*). Perangkat ini dapat secara langsung dikoneksikan dengan *processor*, PC, RS-485, RS-232, dan *port* antarmuka serial lain level TTL.

Fitur-fitur yang dimiliki YS-1020 adalah sebagai berikut:

- 1) Antarmuka yang dipakai menggunakan level RS-232 / RS-485 / TTL
- 2) Mempunyai 8 *channel* yang dapat diperluas hingga 16 / 32 *channel*.
- 3) *Baudrate* di udara adalah 1200 / 2400 / 4800 / 9600 / 19200 / 38400 bps.
- 4) Modulasi yang digunakan adalah GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*).
- 5) Pemancar dan penerima terpadu.
- 6) Konsumsi daya rendah yaitu 50 mW.
- 7) Sensitivitas penerima sebesar 115 dBm (pada *baudrate* 9600 bps) dan 120 dBm (pada *baudrate* 1200 bps).
- 8) Memiliki jangkauan transmisi data hingga 800m ketika antenna berada 2 m di atas tanah pada daerah terbuka (*baudrate* = 9600)
- 9) Frekuensi kerjanya adalah 434,0325 MHz.

Berikut adalah bentuk fisik Radio Frekuensi YS-1020U ditunjukkan dalam Gambar 2.19 dan keterangan masing-masing pin ditunjukkan dalam Tabel 2.13.



Gambar 2.19 Bentuk Dimensi RF YS-1020U

Sumber : ShenZhen YiShi Electronic Technology Development, 2003 : 2

Tabel 2.13 Keterangan Pin-pin YS-1020U

Pin	Pin Name	Description	Level	Connection With Terminal
1.	GND	Grounding of Power Supply		Ground
2.	V _{cc}	Power Supply DC	3.3 – 5.5V	
3.	RXD / TTL	Serial data receiving end	TTL	TXD
4.	TXD / TTL	Serial data transmitting end	TTL	RXD
5.	DGND	Digital Grounding		
6.	A(TXD)	A of RS-485 or TXD of RS-232		A(RXD)
7.	B(TXD)	B of RS-485 or RXD of RS-232		B(TXD)
8.	Sleep	Sleep control (input)	TTL	Sleep Signal
9.	Test	Ex-factory testing		

Sumber : ShenZhen YiShi Electronic Technology Development, 2003 : 2

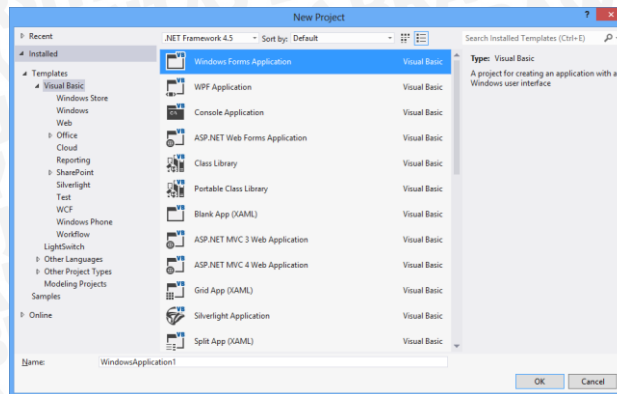
2.9 Visual Basic

Visual Basic adalah salah satu *development tool* untuk membangun aplikasi dalam lingkungan sistem operasi Windows. Dalam pengembangan aplikasi, Visual Basic menggunakan pendekatan visual untuk merancang antarmuka program yang akan dibuat, sedangkan untuk kodingnya menggunakan bahasa *basic* yang cenderung mudah untuk dipelajari.

Dalam lingkungan sistem operasi Windows, antarmuka dalam bentuk visual memegang peranan yang sangat penting, karena dalam pemakaian aplikasi, *user* lebih mudah berinteraksi dengan antarmuka visual tanpa menyadari bahwa di belakangnya berjalan instruksi-instruksi program yang mendukung tampilan dan proses yang dilakukan.

Dalam pemrograman visual pada Visual Basic, pengembangan aplikasi dimulai dengan pembentukan *user interface*, kemudian mengatur properti dari objek-objek yang digunakan di dalam *user interface*, selanjutnya dilakukan penulisan kode program untuk menangani kejadian-kejadian (*events*). Tahap pengembangan aplikasi demikian dikenal sebagai pengembangan aplikasi dengan pendekatan *Bottom Up*.

Visual Basic 2012 merupakan salah satu baidan dari paket *software* Visual Studio 2012 yang dirilis oleh Microsoft pada bulan September 2012. Visual Basic 2012 adalah program yang bergerak di dalam sistem .Net Framework 4. Pada Visual Basic 2012 terdapat banyak tipe proyek yang dapat dipilih saat menjalankan proyek baru. Kotak dialog saat pembuat proyek baru dirunjukkan dalam Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Kotak Dialog *New Project* Visual Basic 2012

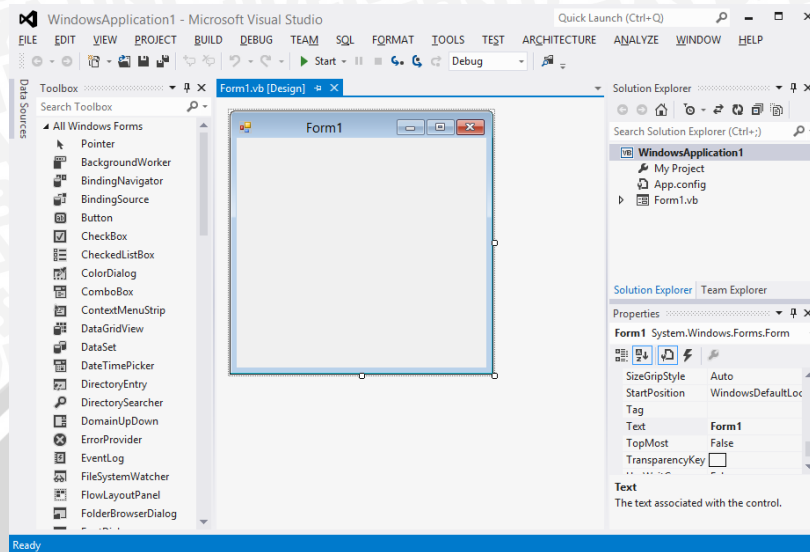
Tipe proyek (*project type*) dalam Visual Basic 2012 keseluruhan ada 27 macam. Beberapa tipe proyek yang sering digunakan adalah sebagai berikut:

- 1) **Windows Application**, *project* ini paling sering digunakan untuk membuat aplikasi desktop dengan tampilan *Window's Interface*.
- 2) **WPF (Windows Presentation Foundation) Application**, Windows (Web XAML) yang memungkinkan suatu pekerjaan GUI (*Graphic User Interface*), dan dirilis sebagai bagian dari .Net Framework 3.0.
- 3) **Console Application**, *project* ini digunakan untuk membangun aplikasi tanpa GUI dengan tampilan *text mode*, dijalankan melalui *command prompt* atau *command line*.
- 4) **ASP.NET**, *project* yang berbasis web dan memungkinkan untuk membangun situs web yang dinamis, aplikasi web, dan layanan web.
- 5) **Class Library**, *project* ini dapat digunakan untuk membuat suatu komponen berbentuk seperti media interaksi pengguna (GUI), dan tak berbentuk seperti file .dll dan lain sebagainya yang di dalamnya sudah dirancang khusus untuk memudahkan para pengguna atau *programmer*. Hasil dari pembuatan *project* ini biasa disebut sebagai *code template*.
- 6) **SilverLight Application**, *project* berbasis web yang dapat menghantarkan RIA (*Rich Internet Application*) seperti video, audio, dan animasi yang menarik dan interaktif.

2.9.1 IDE Visual Basic

IDE (*Integrated Development Environment*) adalah bidang kerja pada program saat proyek dibuat. Bidang kerja pada Visual Basic 2012 terdiri dari

beberapa bagian utama. Tampilan bidang kerja Visual Basic 2012 ditunjukkan dalam Gambar 2.21.



Gambar 2.21 IDE Visual Basic 2012

Elemen-elemen yang terdapat dalam IDE Visual Basic 2012 dijelaskan sebagai berikut:

- 1) **Menu Bar** adalah suatu menu yang terdiri atas 15 menu utama, masing-masing memiliki submenu dan perintah lengkap dengan *shortcut key*.
- 2) **Toolbar** adalah suatu baris menu yang memiliki fungsi sama dengan *tool* standard pada umumnya, seperti fungsi untuk menyimpan, meng-copy, menambah proyek baru, mengatur tampilan program, dan lain-lain.
- 3) **Form Design** adalah suatu lembar *form* yang berfungsi untuk merancang tampilan aplikasi secara visual dengan menempatkan komponen yang diperlukan.
- 4) **Toolbox** adalah suatu jendela yang berfungsi untuk menampung komponen-komponen standar.
- 5) **Solution Explorer** adalah suatu jendela yang berfungsi untuk menampilkan objek yang digunakan dalam membuat aplikasi seperti: *form*, *class*, dan objek lainnya.
- 6) **Properties Windows** adalah suatu jendela yang berfungsi untuk mengatur nilai *properties* dari masing-masing komponen yang digunakan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penyusunan penelitian ini berdasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

3.2 Penentuan Spesifikasi Sistem

Penentuan spesifikasi dari alat ini, bertujuan agar dapat dibuat sesuai yang diinginkan dan dapat bekerja dengan efektif dan efisien. Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Data yang dikirim berupa sudut hadap *payload* yang berkisar antara 0° hingga 180° dan 0° hingga -180° dengan ketelitian sebesar 1° .
- 2) Data dikirim menggunakan modul RF *transceiver* pada kanal frekuensi 434,0325 MHz dengan *baudrate* 9600.
- 3) Proses pengiriman data dilakukan setiap satu detik sekali.

3.3 Studi Literatur

Dalam penyusunan skripsi ini, pengumpulan data dilakukan dengan melakukan studi literatur (*library research*), penelusuran informasi digital, dan wawancara narasumber dengan sasaran tinjauan antara lain:

- 1) Informasi internet.
- 2) Pustaka-pustaka referensi.
- 3) Pustaka penunjang.

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan perealisasiian alat. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

- 1) Teori mengenai penghitungan nilai sudut yang terbentuk oleh dua titik koordinat terhadap garis lintang.

- 2) Perancangan antarmuka GPS *receiver* SKM-53 dan sensor kompas digital CMPS10 dengan mikrokontroler.
- 3) Perancangan *software* antarmuka yang dapat menampilkan grafik serta visualisasi dua dimensi dari sebuah kompas.

3.4 Perancangan Alat

Di dalam perancangan alat terdapat dua komponen utama, yaitu *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak). Perangkat keras yang dirancang adalah *payload* dan *RF Receiver* pada *ground segment*. Sedangkan perangkat lunak yang dirancang berupa *software* visual yang dijalankan pada komputer. *Software* visual tersebut mengirimkan perintah (*command*) kepada *payload* dan mengolah data yang dikirim oleh *payload*. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik secara *real time*.

3.4.1 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan dan pembuatan perangkat keras terdiri atas dua bagian yakni perancangan mekanik dan perancangan elektronik. Perancangan mekanik ditekankan pada pembuatan kerangka *payload*. Bentuk mekanik secara umum dirancang dengan menggunakan perangkat lunak 3Ds MAX 2013. Sedangkan perancangan elektronik ditekankan pada perancangan rangkaian antarmuka antara pemroses dengan modul-modul yang digunakan. Papan rangkaian tercetak (PCB) dirancang dengan menggunakan perangkat lunak EAGLE (*Easily Applicable Graphical Layout Editor*) versi 5.11.0.

3.4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibutuhkan komputer (PC) dan mikrokontroler untuk mengendalikan perangkat keras. Ada dua macam perangkat lunak yang dipakai, yaitu perangkat lunak (*firmware*) yang ditanamkan pada mikrokontroler serta perangkat lunak yang diprogram untuk menampilkan visualisasi *payload* pada PC. Bahasa pemrograman yang dipakai untuk membuat *firmware* mikrokontroler adalah pemrograman bahasa Basic, dan kedua adalah perangkat lunak untuk menampilkan hasil pengukuran dalam visual menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic.

3.5 Pengujian Sistem

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian rangkaian. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dan kemudian secara keseluruhan sistem. Hal ini diperlukan untuk mengetahui kinerja dari masing-masing blok (kelayakan dari masing-masing komponen) serta memudahkan kita dalam proses *troubleshooting*.



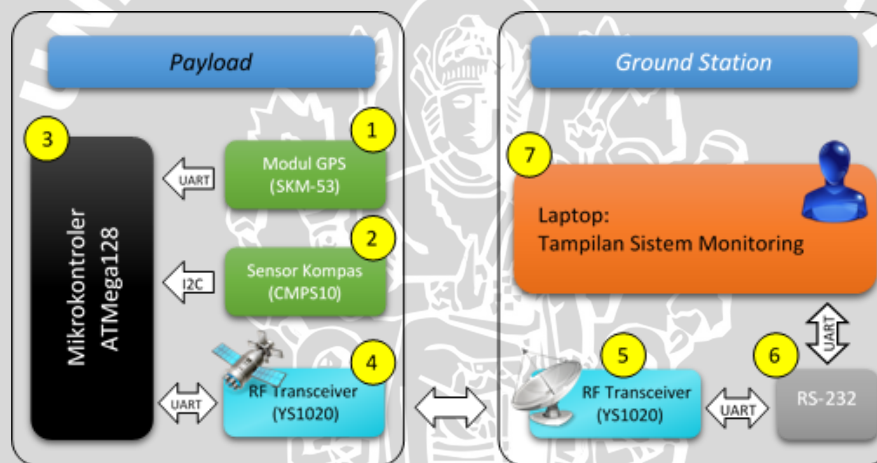
BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan.

4.1 Perancangan Diagram Blok Sistem

Pembuatan diagram blok merupakan dasar dari perancangan sistem agar perancangan alat berjalan secara sistematis. Pada diagram blok ditampilkan prinsip kerja sistem secara umum. Gambar 4.1 menunjukkan diagram blok prinsip kerja alat.



Gambar 4.1 Diagram Blok Prinsip Kerja Sistem

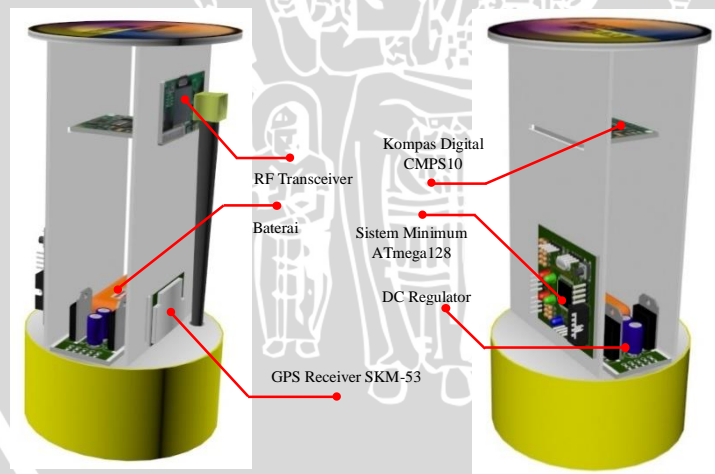
Penjelasan mengenai diagram blok rancangan elektronik di atas adalah sebagai berikut:

- 1) Sensor kompas digital CMPS10 berfungsi sebagai penunjuk arah hadap *payload/payload heading*, yaitu besar sudut hadap *payload* terhadap arah utara. Data dari sensor kompas digital CMPS10 diterima oleh mikrokontroler melalui komunikasi I2C.
- 2) Modul GPS *Receiver* berfungsi sebagai penunjuk koordinat, baik koordinat *payload* saat berada di titik peluncuran maupun saat *payload* berada di udara. Data dari modul GPS ini dikirim ke mikrokontroler dengan menggunakan komunikasi UART.

- 3) ATmega128 berfungsi untuk memproses data dari modul GPS *receiver* dan sensor kompas digital CMPS10. Data yang dihasilkan dari proses pengolahan dikirimkan menuju *RF Transmitter* YS-1020.
- 4) *RF Transmitter* YS-1020 berfungsi sebagai pengirim data (dipancarkan melalui gelombang radio frekuensi tertentu) menuju *ground segment*.
- 5) *RF Receiver* YS-1020 pada *ground segment* berfungsi sebagai penerima data dari *Transmitter* yang kemudian diteruskan ke komputer (PC).
- 6) Kabel konverter *USB to RS232* dibutuhkan apabila kita menggunakan laptop (tidak terdapat port RS232).
- 7) Laptop atau komputer berfungsi untuk menampilkan data sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran dalam bentuk grafik serta visualisasi 2 dimensi.

4.2 Perancangan Sistem Mekanik *Payload*

Dalam perancangan mekanik *payload*, bahan yang digunakan adalah mika *acrylic* dengan tebal 3mm. *Payload* berbentuk silinder dengan diameter 10cm dan tinggi 17,3cm. Gambar rancangan muatan roket ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



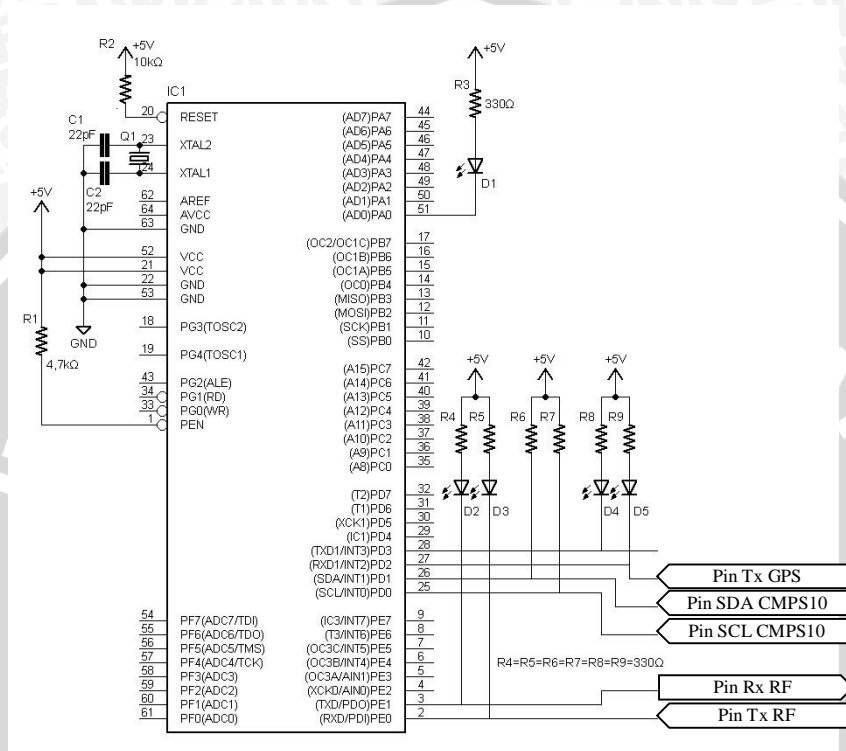
Gambar 4.2 Desain *Payload* dan Tata Letak Komponen *Payload*

4.3 Perancangan Sistem Elektrik *Payload*

Perancangan sistem elektrik pada *payload* terdiri atas beberapa bagian, yaitu: perancangan catu daya, perancangan sistem minimum ATmega128, perancangan antarmuka sensor kompas dengan mikrokontroler ATmega128, perancangan antarmuka modul GPS *receiver* dengan mikrokontroler ATmega128, dan perancangan RF Transceiver.

4.3.1 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega128

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah ATmega128, yang berfungsi untuk mengolah data sensor kompas digital CMPS10 dan modul GPS receiver SKM-53. Rangkaian sistem minimum ATmega128 ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler ATmega128

Mikrokontroler ATmega128 memiliki 6 port input-output *bidirectional*, dan masing-masing port terdiri atas 8 pin yang dapat diprogram. Pada perancangan alat ini, port yang digunakan adalah PORTD dan PORTE sebagai jalur komunikasi data. Pembagian pin mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah:

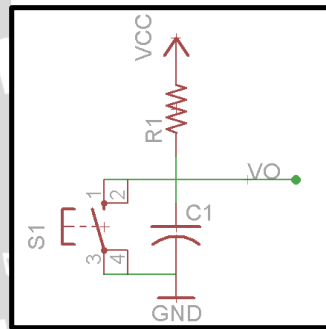
1. PORTD

- PORTD.0 digunakan sebagai jalur SCL untuk sensor kompas
- PORTD.1 digunakan sebagai jalur SDA untuk sensor kompas
- PORTD.2 digunakan sebagai penerima data serial dari modul GPS receiver

2. PORTE

- PORTE.0 digunakan sebagai jalur penerima data serial (Rx) dari RF

b) PORTE.1 digunakan sebagai jalur pengirim data serial (Tx) kepada RF. Dalam perancangan minimum sistem mikrokontroler diperlukan rangkaian *reset*, Rangkaian ini digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler setiap kali catu daya dinyalakan. Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian *reset* menahan logika rendah pada pin *reset* dengan jangka waktu yang ditentukan oleh lamanya pengisian muatan C yaitu membutuhkan waktu t_{OUT} pada saat tegangan pada V_{cc} mencapai tegangan V_{POT} (*Voltage Power On Threshold*). Tegangan logika rendah pada pin *reset* antara 0,1-0,9 V_{cc} . Rangkaian *reset* ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Skema Rangkaian *Reset* Mikrokontroler

Dari rangkaian tersebut dapat diperoleh :

$$V_o = \frac{1}{sC_1} V_{POT} \cdot \frac{1}{R_1 + \frac{1}{sC_1}}$$

$$V_o = \frac{1}{sR_1C_1 + 1} V_{POT}$$

Dengan tegangan V_{POT} (*Voltage Power On Threshold*) sebesar 2,3 V dalam fungsi

Laplace menjadi $\frac{2,3}{s}$ sehingga :

$$V_o = \frac{2,3}{s} \cdot \frac{1}{sR_1C_1 + 1}$$

$$V_o = 2,3 \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)}$$

$$\frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} = \frac{X_1}{s} + \frac{X_2}{sR_1C_1 + 1}$$

$$X_1 = \left[\frac{1}{(sR_1C_1 + 1)} \right]_{s=0} = \left[\frac{1}{1} \right] = 1$$

$$X_2 = \left[\frac{1}{s} \right]_{s=-\frac{1}{R_1C_1}} = \left[\frac{1}{-\frac{1}{R_1C_1}} \right] = -R_1C_1$$

$$\mathcal{L}^{-1}[Vo] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s(R_1C_1 + 1)} \right]$$

$$\mathcal{L}^{-1}[Vo] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s} - \frac{R_1C_1}{sR_1C_1 + 1} \right]$$

$$\mathcal{L}^{-1}[Vo] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{R_1C_1}} \right]$$

$$Vo = 2,3 (1 - e^{-\frac{t}{R_1C_1}})$$

$$\frac{Vo}{2,3} = 1 - e^{-\frac{t}{R_1C_1}} \Leftrightarrow 1 - \frac{Vo}{2,3} = e^{-\frac{t}{R_1C_1}}$$

$$\ln \left(1 - \frac{Vo}{2,3} \right) = \frac{-t}{R_1C_1}$$

$$t = -R_1C_1 \ln \left(1 - \frac{Vo}{2,3} \right) \quad (4.1)$$

V_o adalah tegangan logika rendah pada pin *reset* (V_{RST}) sebesar $0,2V_{cc}$ maka $V_o = 0,2 \times 3,3 = 0,66V$.

$$t = -R_1C_1 \ln \left(1 - \frac{0,66}{2,3} \right) = 0,3383 R_1C_1$$

Misal ditentukan nilai kapasitor sebesar $100nF$ dan nilai resistor sebesar $4,7 k\Omega$, maka waktu *reset* yang terbentuk dapat dihitung dari persamaan sebagai berikut.

$$t = 0,3383 \times 4,7 \cdot 10^3 \times 1 \cdot 10^{-7} = 159\mu s$$

Berdasarkan perhitungan dapat diketahui waktu *reset* yang terbentuk adalah selama $159\mu s$. Nilai tersebut lebih besar dari batas minimal waktu *reset* sebesar $1,5\mu s$.

4.3.2 Perancangan Antarmuka Sensor Kompas CMPS10

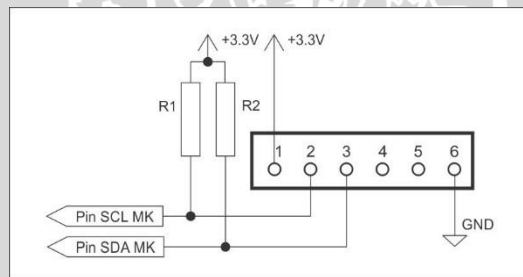
Modul kompas CMPS10 dalam alat ini digunakan untuk menentukan arah payload terhadap titik utara. Alamat *register* yang digunakan dalam sensor kompas adalah 0x02 dan 0x03. Alamat *register* ini akan menghasilkan data 0-3599 dalam putaran penuh yang dapat merepresentasikan sudut 0°-359,9°. Alamat *slave* dari sensor kompas digital CMPS10 adalah 0x60.

Pin SCL dan SDA dihubungkan ke PORTD.0 dan PORTD.1 mikrokontroler dengan resistor *pull-up*. Berdasarkan *datasheet* mikrokontroler ATmega128 ($V_{OL(TWI)} = 0,4$ volt dan *sink current* = 3 mA), nilai $R_{pull-up}$ minimum didapatkan:

$$R_{pull-up \min} = \frac{V_{cc} - 0,4}{3mA}$$

$$= \frac{3,3 - 0,4}{3mA} = 3.166,67\Omega = 3,167k\Omega$$

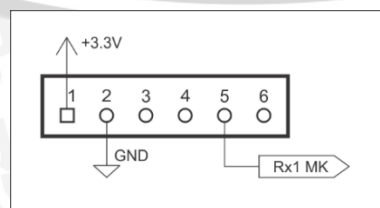
Dalam perancangan ini digunakan resistor 4,7k Ω . Skema rangkaian antarmuka CMPS10 dengan ATmega128 ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Antarmuka Sensor CMPS10 dengan ATmega128

4.3.3 Perancangan Antarmuka GPS Receiver SKM-53

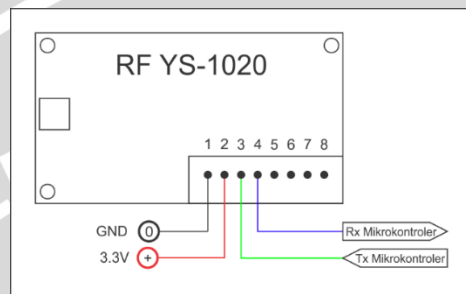
Modul GPS *receiver* SKM-53 menggunakan mode transmisi data serial UART. Sehingga dalam perancangan antarmuka GPS *receiver* dengan mikrokontroler dibutuhkan pula satu jalur serial UART pada mikrokontroler. Skema antarmuka modul GPS *receiver* SKM-53 dengan mikrokontroler ATmega128 ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Antarmuka Modul GPS Receiver dengan ATmega128

4.3.4 Perancangan RF Transceiver YS-1020

Modul RF Transceiver yang dipasang pada *payload* berfungsi untuk meneruskan data yang dikirim dari dan menuju mikrokontroler. Oleh karena mikrokontroler yang digunakan bekerja pada level TTL, maka pin yang digunakan sebagai jalur transfer data pada modul RF Transceiver YS-1020 adalah pin 3 (Rx) dan pin 4 (Tx). Rangkaian RF Transceiver YS-1020 ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian RF Transceiver pada *Payload*

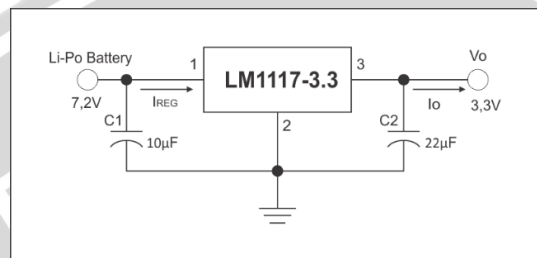
4.3.5 Perancangan Catu Daya

Catu daya dirancang berdasarkan kebutuhan daya dari masing-masing komponen. Agar komponen dapat bekerja dengan baik, maka catu daya yang dirancang harus dapat mengkompensasi daya maksimum yang dibutuhkan masing-masing komponen dengan rincian sebagai berikut:

1. Mikrokontroler bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus maksimum 400mA. Daya yang dibutuhkan mikrokontroler sebesar $3,3V \times 0,4A = 1,32W$
2. Modul RF YS-1020 bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus 55mA. Daya yang dibutuhkan modul RF YS-1020 sebesar $3,3V \times 0,055A = 0,1815W$
3. Sensor kompas digital CMPS10 bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus 25mA. Daya yang dibutuhkan CMPS10 sebesar $3,3V \times 0,025A = 0,0825W$
4. Modul GPS Receiver SKM-53 bekerja pada tegangan sumber 3,3V dengan arus maksimum 55mA. Daya yang dibutuhkan Modul GPS receiver SKM-53 sebesar $3,3V \times 0,055A = 0,1815A$
5. 5 buah indikator (LED dan resistor) dengan arus 15mA. Daya yang dibutuhkan untuk indikator sebesar $5 \times 3,3 \times 0,015 = 0,2475W$

Dari rincian tersebut diperoleh daya maksimum yang dibutuhkan rangkaian adalah sebesar 2,013W.

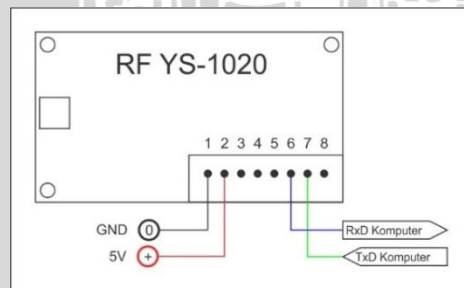
Rangkaian catu daya menggunakan IC regulator LM1117-3.3 yang dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 3,3V dengan arus maksimal sebesar 800mA. Daya maksimum yang dapat dihasilkan adalah sebesar 2,64W, sehingga rangkaian catu daya mampu memenuhi kebutuhan daya sistem. Rangkaian catu daya 3,3V ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian Catu Daya 3,3V

4.4 Perancangan Sistem Elektrik *Ground Segment*

Ground Segment memiliki rangkaian elektrik yang berupa modul RF Transceiver YS-1020 yang berfungsi meneruskan data yang dikirim dari dan menuju komputer. Komputer menerima dan mengirimkan data melalui komunikasi serial (RS232). Sehingga untuk menghubungkan modul RF Transceiver YS-1020 dengan komputer, pin yang digunakan adalah pin 6 dan pin 7. Rangkaian Sistem Elektrik *Ground Segment* ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rangkaian RF Transceiver pada *Ground Segment*

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak terdiri atas perancangan perangkat lunak pengolahan data kompas, perancangan perangkat lunak pengolahan data GPS, serta perancangan perangkat lunak secara keseluruhan.

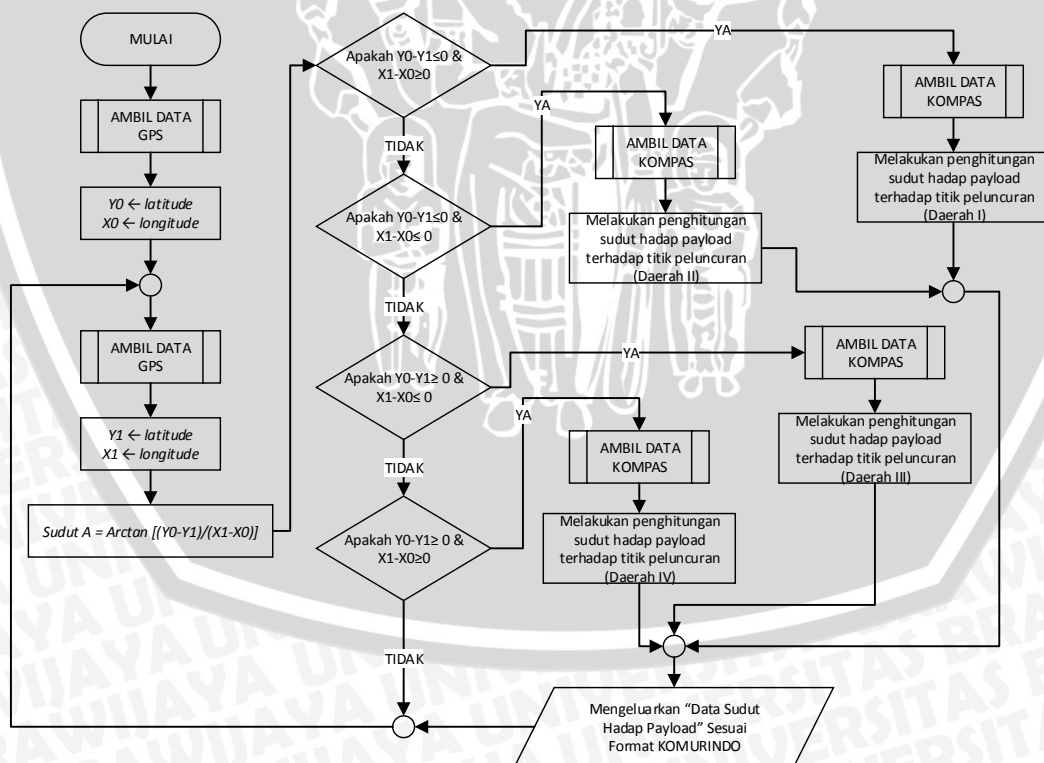
4.5.1 Perancangan Perangkat Lunak Sistem secara Keseluruhan

Perangkat lunak keseluruhan berfungsi sebagai pengolah data yang telah diterima dari GPS *receiver* dan sensor kompas menjadi data sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket (titik acuan).

Secara umum, perangkat lunak keseluruhan akan menjalankan mikrokontroler melakukan 3 proses utama. Tiga proses tersebut adalah penentuan titik peluncuran roket atau titik acuan (X_0, Y_0), penentuan posisi *payload* (X_1, Y_1), dan proses kalkulasi sudut hadap *payload* berdasarkan *payload heading* dan posisi *payload* terhadap titik peluncuran (titik acuan).

Perangkat lunak keseluruhan yang dirancang akan menghasilkan data keluaran berupa nilai sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket antara 0° - 180° pada saat *payload heading* menyimpang ke kanan dari titik peluncuran dan 0° - (-180°) pada saat *payload heading* menyimpang ke kiri dari titik peluncuran dengan ketelitian sebesar 1° .

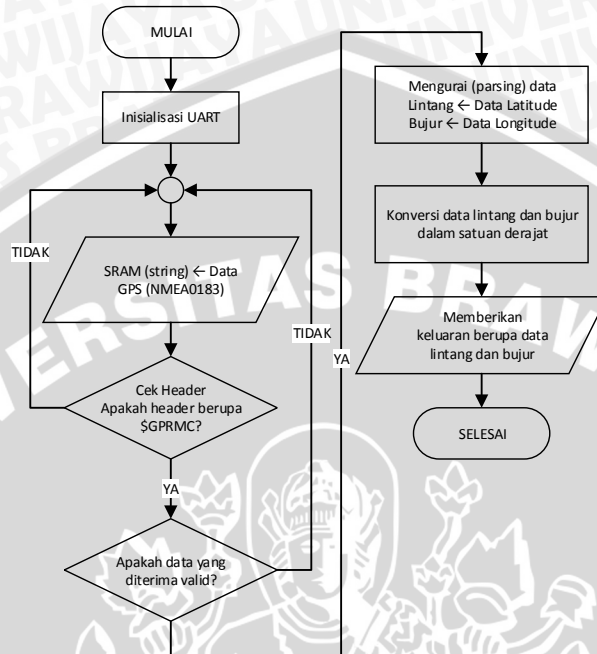
Diagram alir perangkat lunak sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram Alir Perangkat Lunak Sistem secara Keseluruhan

4.5.2 Perancangan Perangkat Lunak Pengolahan Data GPS

Perancangan perangkat lunak pengolahan data GPS digunakan untuk mengakses data dari GPS hingga didapatkan data lintang dan bujur. Diagram alir program pengolahan data GPS ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Alir Pengolahan Data GPS

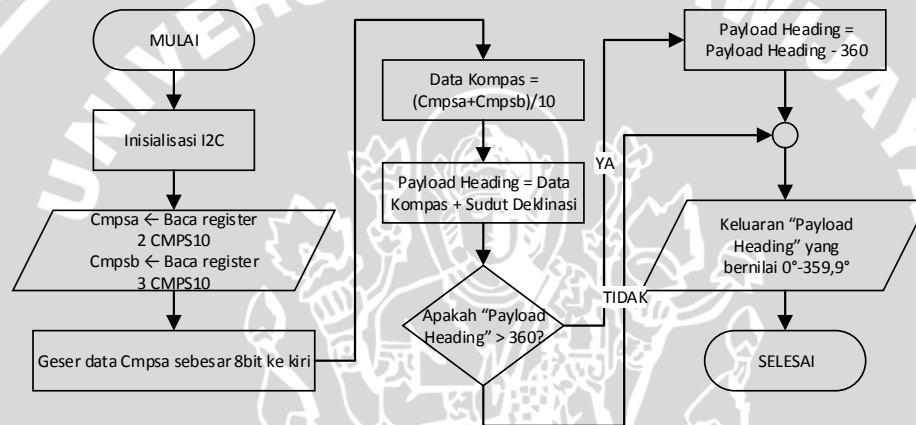
Proses pertama pada perangkat lunak pengolahan data GPS diawali dengan inisialisasi komunikasi serial UART dan variabel-variabel yang dibutuhkan. Selanjutnya adalah proses pembacaan data yang diterima dari modul GPS receiver SKM-53. Data tersebut disimpan dalam SRAM. Dari data yang tersusun atas beberapa *header*, dilakukan seleksi terhadap data dengan *header* \$GPRMC yaitu *header* yang memuat informasi tentang UTC, lintang, bujur, serta validitas data.

Proses selanjutnya mikrokontroler melakukan pemeriksaan terhadap validitas data yang diterima. Setelah data dinyatakan valid, mikrokontroler mulai memecah data pada *header* \$GPRMC, membaca data lintang dan bujur kemudian memasukkan nilai tersebut ke dalam variabel yang telah ditetapkan. Data lintang dan bujur yang diterima dari modul GPS receiver dinyatakan dalam satuan derajat dan menit. Guna mempermudah proses penghitungan, maka satuan yang menyatakan posisi lintang dan bujur diubah dalam satuan derajat.

4.5.3 Perancangan Perangkat Lunak Pengolahan Data Kompas

Perancangan perangkat lunak kompas digunakan untuk mengakses modul kompas sehingga dapat diolah datanya dan membarikan hasil akhir berupa nilai arah hadap *payload* (*payload heading*). Dalam penelitian ini, digunakan metode I₂C dalam mengakses data sensor kompas pada register 2 dan 3. Dengan demikian, data kompas akan bernilai 0°-359,9° dengan resolusi sebesar 0,1°. Setelah hasil tersebut dijumlahkan dengan besarnya sudut deklinasi magnetik, maka didapatkan nilai *payload heading*.

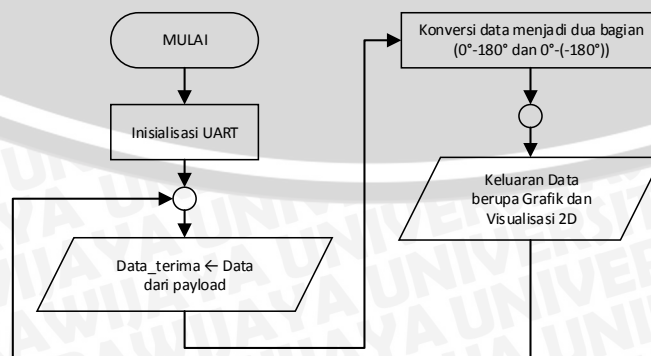
Diagram alir program untuk mengakses dan mengolah data kompas ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Diagram Alir Perangkat Lunak Pengolahan Data Kompas

4.5.4 Perancangan Perangkat Lunak Program Visual

Perancangan perangkat lunak program visual bertujuan untuk mengolah data yang diterima dari *payload* menjadi sebuah grafik dan visualisasi kompas dua dimensi. Diagram alir perangkat lunak program visual ditunjukkan dalam Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Diagram Alir Perangkat Lunak Program Visual

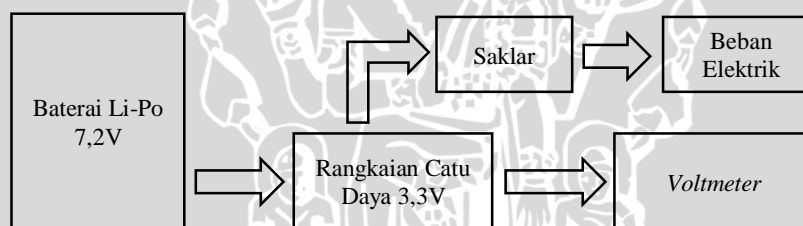
BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas pengujian dan analisis alat yang telah dirancang dan direalisasikan. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap blok dengan tujuan untuk mengamati apakah tiap blok telah sesuai dengan perancangan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian sistem secara keseluruhan.

5.1 Pengujian Catu Daya

Pengujian rangkaian catu daya bertujuan untuk mengetahui kesesuaian tegangan keluaran alat dengan sistem yang telah dirancang. Sebagai masukan catu daya digunakan baterai Li-Po 7,2V 1100mAh yang diproses oleh rangkaian regulator untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 3,3V. Pengujian dilakukan dengan dua tahap, yaitu pengujian catu daya tanpa beban dan pengujian catu daya dengan beban elektrik. Diagram blok pengujian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian catu daya dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Input rangkaian catu daya dihubungkan dengan baterai Li-Po 7,2V
2. Output dari rangkaian catu daya dihubungkan dengan voltmeter.
3. Mencatat hasil pengukuran oleh voltmeter.
4. Mengaktifkan saklar yang menghubungkan beban dengan rangkaian catu daya.
5. Mencatat kembali hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh voltmeter.

Hasil pengujian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa rangkaian catu daya menghasilkan tegangan keluaran sebesar 3,28 volt. Pada saat mendapat beban dari sistem elektrik, tegangan keluaran rangkaian catu daya turun

menjadi 3,27 volt. Terjadinya *drop voltage* (tegangan turun) tidak mempengaruhi kinerja sistem, karena sistem masih dapat bekerja dengan baik pada level tegangan 3,27 volt.



Gambar 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya Tanpa Beban



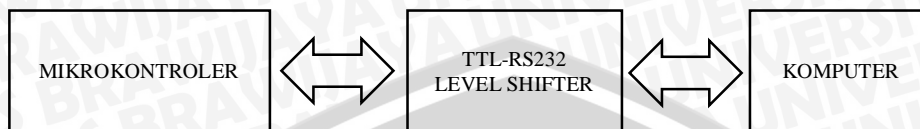
Gambar 5.3 Hasil Pengujian Rangkaian Catu Daya dengan Beban

5.2 Pengujian Mikrokontroler ATmega128

Pengujian mikrokontroler ini bertujuan untuk mengetahui apakah mikrokontroler bekerja dengan baik dalam menerima *command* dan mengirimkan data melalui komunikasi serial.

Prosedur pengujian dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler dengan komputer seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.4. Komputer

digunakan sebagai pengirim perintah (*command*) berupa karakter kepada mikrokontroler, kemudian mikrokontroler akan mengirimkan data berupa teks sesuai dengan perintah yang diberikan oleh komputer. Daftar perintah yang digunakan ditunjukkan dalam table 5.1.

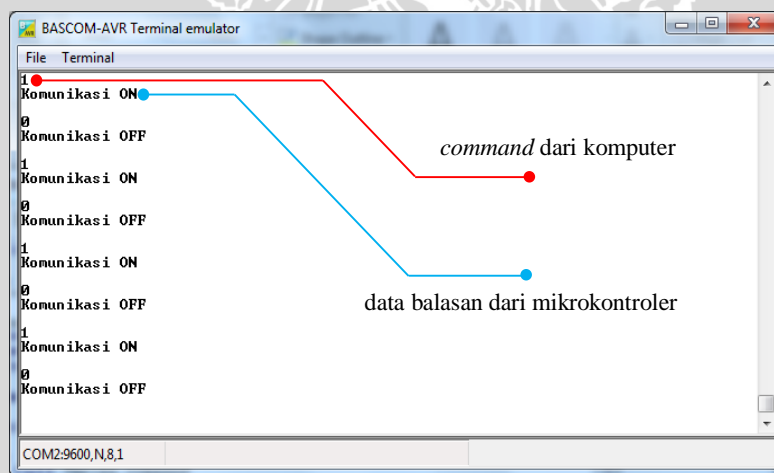


Gambar 5.4 Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler

Tabel 5.1 Daftar Perintah dari Komputer dalam Pengujian Mikrokontroler

Perintah (<i>Command</i>)	Data dari Mikrokontroler
1	“Komunikasi ON”
0	“Komunikasi OFF”

Pada komputer digunakan *software* BASCOM-AVR *Terminal Emulator* untuk mengirim serta menerima data dari mikrokontroler. Hasil pengujian mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Tampilan Pengujian Komunikasi Data

Dari pengujian mikrokontroler yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler ATmega128 dapat bekerja dengan baik dalam menerima dan mengirim data.

5.3 Pengujian Sensor Kompas Digital

Pengujian sensor kompas bertujuan untuk mengetahui apakah sensor kompas CMPS10 dapat berfungsi dengan baik sebagai penunjuk *payload heading* saat kondisi *payload* datar maupun mengalami kemiringan tertentu.



Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian sesuai diagram blok yang ditunjukkan dalam Gambar 5.6. Proses pengambilan data sudut dilakukan oleh mikrokontroler melalui komunikasi I2C, selanjutnya data diproses dan dikirimkan ke komputer melalui komunikasi UART.



Gambar 5.6 Diagram Blok Pengujian Sensor Kompas

5.3.1 Pengujian Sensor Kompas CMPS10 pada Bidang Datar

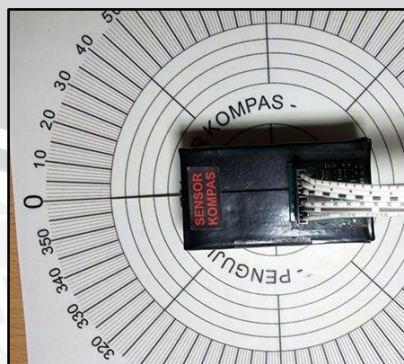
Pada pengujian ini, terlebih dahulu perlu ditentukan titik acuan 0° . Untuk menentukan titik acuan 0° (arah utara) digunakan modul kompas yang tertanam pada ponsel android Samsung I5510GT melalui *software* GPS Status. Proses penentuan titik acuan 0° ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Penentuan Titik Acuan 0°

Selanjutnya pengujian sensor kompas CMPS10 dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Sensor kompas diletakkan pada papan pengujian, dengan mengarahkan *heading* sensor pada titik 0° , seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Posisi Sensor Kompas CMPS10 pada Bidang Pengujian

2. Mengamati data hasil pengukuran pada komputer atau PC.
3. Sensor CMPS10 diputar searah jarum jam sebesar 15° .
4. Mengamati data hasil pengukuran pada komputer atau PC.
5. Mengulangi langkah 3 dan 4 hingga sudut 345° .

Data hasil pengujian sensor kompas CMPS10 ditunjukkan dalam Tabel 5.2 dan ditampilkan dalam grafik seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.9.

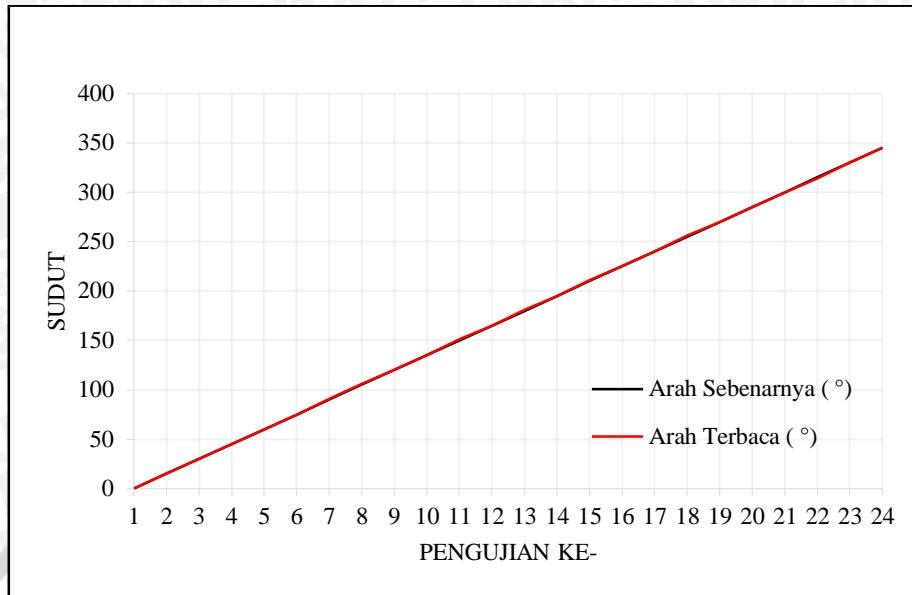
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor Kompas CMPS10 pada Bidang Datar

No	Arah Sebenarnya (°)	Arah Terbaca (°)	Kesalahan (°)
1	0	0	0
2	15	15	0
3	30	30	0
4	45	45	0
5	60	60	0
6	75	75	0
7	90	91	1
8	105	106	1
9	120	120	0
10	135	135	0
11	150	151	1
12	165	165	0
13	180	181	1
14	195	195	0
15	210	211	1
16	225	225	0
17	240	240	0
18	255	256	1
19	270	270	0
20	285	285	0
21	300	300	0
22	315	314	1
23	330	330	0
24	345	345	0

Kesalahan Rata-rata = 0.291667°

Kesalahan Terbesar = 1°

Berdasarkan hasil pengujian sensor kompas CMPS10 pada bidang datar yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sensor kompas CMPS10 dapat menunjukkan hasil pengukuran dengan kesalahan terbesar 1° , dengan kata lain sensor kompas CMPS10 memiliki akurasi sebesar $\pm 1^\circ$.

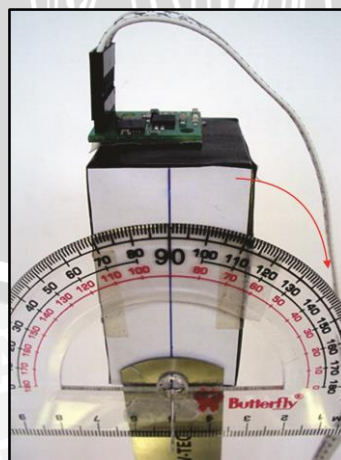


Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Sensor Kompas CMPS10

5.3.2 Pengujian Peng-kompensasi Kemiringan pada Sensor Kompas CMPS10

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kesalahan pengukuran oleh sensor CMPS10 pada saat sensor tersebut mengalami kemiringan terhadap bidang datar.

Terdapat dua jenis kemiringan yang dapat dikompensasi oleh sensor kompas CMPS10 yang akan diuji, yaitu *pitch* (angguk) dan *roll* (guling). Besarnya kesalahan diukur berdasarkan besarnya perbedaan hasil pengukuran sensor kompas pada bidang datar dengan hasil pengukuran pada kemiringan tertentu (kemiringan $\neq 0^\circ$).



Gambar 5.10 Posisi Sensor Kompas CMPS10 pada Pengujian (Gerak *Pitch*)

Pengujian peng-kompensasi kemiringan karena gerak *pitch* pada sensor kompas CMPS10 dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Sensor kompas diletakkan pada media yang terpasang satu poros dengan busur derajat. Peletakan sensor kompas pada bidang pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.10.
2. Sensor kompas dikondisikan pada posisi datar (kemiringan 0°)
3. Mencatat hasil pengukuran dan digunakan sebagai sebagai nilai referensi.
4. Memutar sensor kompas terhadap poros busur derajat sebesar 5°
5. Mencatat hasil pengukuran sensor kompas CMPS10
6. Mengulangi langkah 4 dan 5 hingga kemiringan 90°

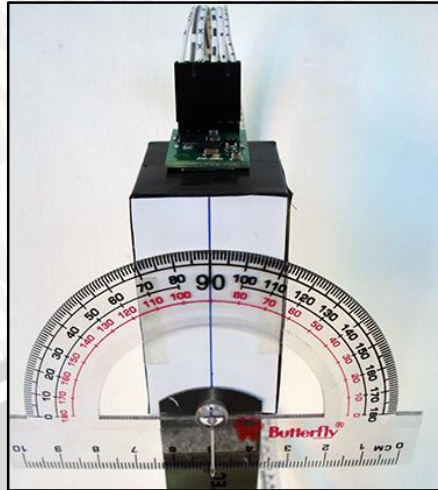
Data hasil pengujian peng-kompensasi kemiringan sensor kompas CMPS10 yang disebabkan gerak *pitch* ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Peng-kompensasi Kemiringan (Gerak *Pitch*)

No	Kemiringan (°)	Sudut Terbaca (°)	Kesalahan (°)
1	0	179	0
2	5	179	0
3	10	179	0
4	15	179	0
5	20	179	0
6	25	178	1
7	30	178	1
8	35	179	0
9	40	179	0
10	45	179	0
11	50	180	1
12	55	180	1
13	60	180	1
14	65	180	1
15	70	180	1
16	75	180	1
17	80	180	1
18	85	181	2
19	90	7	162

Pengujian peng-kompensasi kemiringan karena gerak *roll* pada sensor kompas CMPS10 dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Sensor kompas diletakkan pada media yang terpasang satu poros dengan busur derajat. Peletakan sensor kompas pada bidang pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Posisi Sensor Kompas CMPS10 pada Pengujian (Gerak *Roll*)

2. Sensor kompas dikondisikan pada posisi datar (kemiringan 0°)
3. Mencatat hasil pengukuran sensor kompas CMPS10 sebagai nilai referensi.
4. Memutar sensor kompas terhadap poros busur derajat ke samping sebesar 15°
5. Mencatat hasil pengukuran sensor kompas CMPS10
6. Mengulangi langkah 4 dan 5 hingga kemiringan 345°

Data hasil pengujian peng-kompensasi kemiringan sensor kompas CMPS10 yang disebabkan gerak *roll* ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Dari pengujian peng-kompensasi kemiringan sensor kompas CMPS10, dapat disimpulkan bahwa sensor kompas dapat melakukan pengukuran dengan sangat baik. Kesalahan terbesar yang ditunjukkan oleh sensor kompas CMPS10 yang mendapat gerak *roll* adalah 1° pada putaran penuh. Sedangkan pada gerak *pitch*, sensor kompas mampu menunjukkan hasil pengukuran dengan baik hingga kemiringan 85° .

Kondisi *payload* saat diterpa angin di udara akan mengubah posisi *payload* dengan kemiringan tertentu. Besarnya kemiringan yang terjadi tidak lebih besar dari 90° (*pitch* dan *roll*), karena kondisi *payload* tergantung bebas pada parasut (massa *payload* lebih besar daripada massa parasut). Dengan demikian sensor kompas CMPS10 dapat difungsikan sebagai penunjuk *payload heading* yang baik.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Peng-kompensasi Kemiringan (Gerak Roll)

No	Kemiringan (°)	Sudut Terbaca (°)	Kesalahan (°)
1	0	270	0
2	15	270	0
3	30	270	0
4	45	270	0
5	60	270	0
6	75	270	0
7	90	270	0
8	105	269	1
9	120	270	0
10	135	270	0
11	150	270	0
12	165	270	0
13	180	270	0
14	195	270	0
15	210	270	0
16	225	270	0
17	240	270	0
18	255	270	0
19	270	271	1
20	285	270	0
21	300	269	1
22	315	269	1
23	330	270	0
24	345	270	0

Kesalahan Rata-rata = 0.1667°

Kesalahan Terbesar = 1°

5.4 Pengujian Modul GPS Receiver SKM-53

Pengujian modul GPS receiver SKM-53 bertujuan untuk mengetahui akurasi serta ketepatan (presisi) dari penentuan posisi yang dilakukan oleh modul tersebut. Dalam melakukan pengujian modul GPS receiver SKM-53 dibutuhkan sistem minimum yang terdiri atas modul GPS receiver SKM-53, kabel konverter USB-TTL, serta komputer untuk mengamati hasil pengujian melalui tampilan *software* Bascom Terminal Emulator. Diagram blok pengujian modul GPS receiver ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Diagram Blok Pengujian Modul GPS Receiver

Pada pengujian akurasi, nilai akurasi dari penentuan posisi dengan menggunakan GPS *receiver* dinyatakan dalam meter (radius). Nilai akurasi tersebut dinyatakan berdasarkan nilai kesalahan terbesar yang muncul dari seluruh hasil pengujian ini. Kesalahan diperoleh melalui perhitungan jarak antara titik koordinat hasil penentuan posisi dengan titik koordinat yang menjadi posisi acuan, dengan menggunakan rumus trigonometri.

5.4.1 Pengujian Akurasi Modul GPS *Receiver* SKM-53

Pengujian akurasi bertujuan untuk mengetahui harga terdekat hasil suatu pembacaan modul GPS *receiver* SKM-53 dengan harga sebenarnya. Nilai koordinat sebenarnya dari suatu lokasi sulit diketahui, karena hampir tidak ada modul GPS *receiver* yang memiliki akurasi mendekati 0m. Hal ini disebabkan oleh sistem pendetak (*clock*) yang berbeda antara satelit GPS dengan modul GPS *receiver*. Oleh sebab itu dalam pengujian akurasi ini akan digunakan modul GPS *receiver* yang tertanam pada *handphone* Samsung I5510GT yang memiliki akurasi lebih baik sebagai referensi. Data GPS pada ponsel Samsung I5510GT diamati melalui *software* GPS Status. Penentuan titik referensi ditunjukkan dalam Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Penentuan Titik Koordinat Acuan

Pengujian akurasi modul SKM-53 dilakukan di Lapangan Rektorat Universitas Brawijaya. Pengujian akurasi modul GPS *reciver* SKM-53 dilakukan melalui prosedur sebagai berikut:

1. Menentukan posisi yang akan digunakan sebagai titik koordinat acuan, melalui pembacaan data koordinat yang ditampilkan oleh ponsel Samsung I5510GT. Penentuan posisi dilakukan ketika penunjukan akurasi pada *software* GPS Status sebesar 3 meter, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.13.
2. Mencatat titik koordinat acuan yang tertampil pada *software* GPS Status.
3. Memposisikan modul SKM-53 GPS *receiver* pada titik acuan tersebut.
4. Menghidupkan catu daya modul SKM-53.
5. Menunggu hingga data yang dikirim oleh modul SKM-53 dinyatakan valid (hal ini dapat diamati pada header \$GPRMC).
6. Mencatat lintang, bujur, dan UTC yang tertampil pada *software* Bascom Terminal Emulator.
7. Mematikan catu daya elektronik.
8. Mengulang prosedur ke 4 hingga ke 7 sampai diperoleh 10 data hasil pengujian pada posisi yang sama.

Data hasil pengujian akurasi modul GPS *receiver* SKM-53 ditunjukkan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Akurasi Modul GPS *Receiver* SKM-53

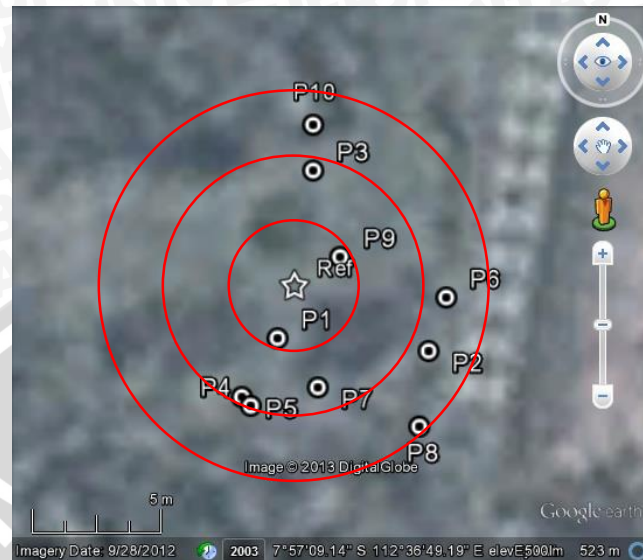
Koordinat	UTC	Lintang	Bujur	Kesalahan (m)
Acuan	01:52:48	07°57,15595'	112°36,81186'	-
P1	01:55:49	07°57,1571'	112°36,8115'	2.23
P2	01:56:51	07°57,1574'	112°36,8149'	6.19
P3	01:59:23	07°57,1534'	112°36,8123'	4.79
P4	02:02:24	07°57,1586'	112°36,8109'	5.21
P5	02:05:17	07°57,1584'	112°36,8107'	5.01
P6	02:07:55	07°57,1562'	112°36,8153'	6.33
P7	02:11:39	07°57,1582'	112°36,8124'	4.29
P8	02:15:27	07°57,1591'	112°36,8123'	5.89
P9	02:18:33	07°57,1553'	112°36,8129'	2.26
P10	02:21:50	07°57,1524'	112°36,8123'	6.63

Kesalahan rata-rata = 4,883m

Kesalahan terbesar = 6,63m

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, nilai kesalahan terbesar adalah 6,63m. Hasil ini lebih buruk daripada yang tercantum pada *datasheet* yaitu sebesar 5m. Hal ini dapat terjadi karena alat ukur yang digunakan sebagai

referensi juga memiliki kesalahan yang hampir sama. Visualisasi hasil penentuan posisi pada pengujian akurasi ditunjukkan dalam Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Visualisasi Hasil Penentuan Posisi pada Pengujian Akurasi

5.4.2 Pengujian Ketepatan Modul GPS Receiver SKM-53

Pengujian ketepatan modul SKM-53 bertujuan untuk mengetahui kemampuan modul GPS receiver SKM-53 dalam mendapatkan hasil yang serupa dalam penunjukan titik koordinat pada satu tempat.

Pengujian ketepatan modul SKM-53 dilakukan pada satu tempat, yaitu lapangan rektorat Universitas Brawijaya. Pengujian ketepatan modul GPS receiver SKM-53 dilakukan melalui prosedur sebagai berikut:

1. Menentukan posisi yang akan digunakan sebagai titik koordinat acuan, dan meletakkan modul SKM-53 pada posisi tersebut.
2. Menyalakan catu daya modul SKM-53.
3. Menunggu hingga data yang dikirim oleh modul SKM-53 dinyatakan valid (hal ini dapat diamati pada header \$GPRMC).
4. Mencatat titik koordinat yang tertampil pada *software* Bascom Terminal Emulator.
5. Mengulangi prosedur 4 setiap 10 detik sekali hingga diperoleh 10 data hasil pengujian.
6. Mematikan catu daya modul SKM-53.

Hasil pengujian ketepatan modul SKM-53 ditunjukkan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Ketepatan Modul GPS Receiver SKM-53

No	UTC	Lintang	Bujur
1	01:55:49	07°57,1571'	112°36,8115'
2	01:56:51	07°57,1574'	112°36,8149'
3	01:59:23	07°57,1534'	112°36,8123'
4	02:02:24	07°57,1586'	112°36,8109'
5	02:05:17	07°57,1584'	112°36,8107'
6	02:07:55	07°57,1562'	112°36,8153'
7	02:11:39	07°57,1582'	112°36,8124'
8	02:15:27	07°57,1591'	112°36,8147'
9	02:18:33	07°57,1553'	112°36,8129'
10	02:21:50	07°57,1524'	112°36,8123'
Rata-rata		07°57.1566'	112°36.8128'

Dari data di atas, selanjutnya ditentukan besarnya simpangan (meter) antara titik koordinat pada masing-masing percobaan terhadap nilai rata-rata dari hasil percobaan. Berdasarkan persamaan 5.1, dapat diketahui besarnya ketepatan hasil pengukuran dari modul GPS receiver SKM-53.

$$\text{Ketepatan} = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad (5.1)$$

dengan:

X_n : hasil dari pengukuran ke-n

\bar{X}_n : nilai rata-rata dari n pengukuran

Hasil penghitungan besarnya simpangan dan ketepatan ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

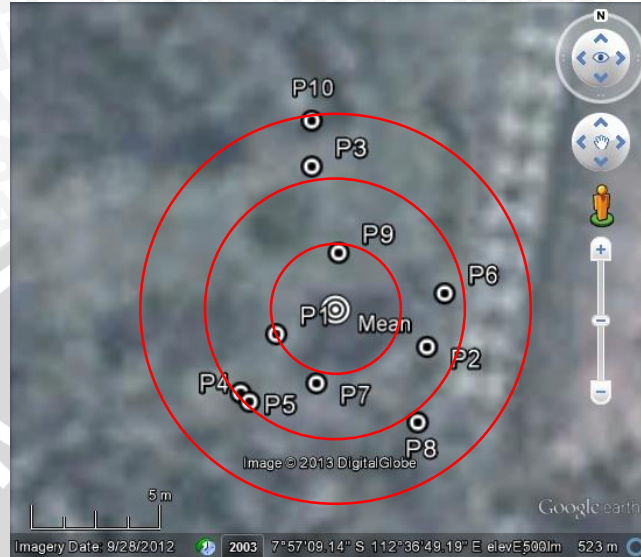
Tabel 5.7 Nilai Ketepatan dan Besar Simpangan pada Titik Pengujian

No	Koordinat	Simpangan (m)	Ketepatan
1	P1	2.56	0.55
2	P2	4.12	0.88
3	P3	6.00	0.71
4	P4	5.09	0.91
5	P5	5.10	0.91
6	P6	4.64	1.00
7	P7	3.05	0.66
8	P8	5.79	0.76
9	P9	2.41	0.52
10	P10	7.83	0.32

Simpangan Rata-rata = 4,66m

Simpangan Terbesar = 7,83m

Tingkat ketepatan pada pengukuran titik koordinat yang terburuk adalah 0,32 dengan besarnya simpangan 7,83m. Visualisasi Hasil Penentuan Posisi pada Pengujian Ketepatan ditunjukkan dalam Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Visualisasi Hasil Penentuan Posisi pada Pengujian Ketepatan

5.5 Pengujian Modul RF *Transceiver* YS-1020

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menganalisis keberhasilan proses transmisi data antara *ground segment* dengan *payload*. Blok diagram pengujian *transceiver* radio frekuensi YS-1020 ditunjukkan dalam Gambar 5.16.



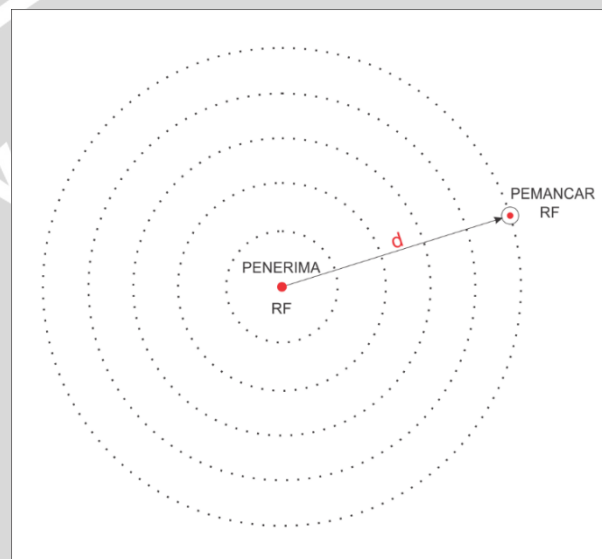
Gambar 5.16 Blok Diagram Pengujian *Transceiver* RF YS-1020

Modul *GPS receiver* akan mengirimkan data dalam format NMEA melalui komunikasi serial UART yang dihubungkan dengan modul RF (pemancar). Data dikirim dengan kecepatan transmisi 9600 bps. Modul RF (pemancar) mengirimkan data dan diterima oleh modul RF (penerima), kemudian menampilkan data tersebut pada komputer melalui *software* Bascom-AVR *Terminal Emulator*.

Pengujian modul RF *transceiver* dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menentukan titik koordinat referensi yang selanjutnya digunakan sebagai lokasi pesawat penerima RF.

2. Menyalakan catu daya modul GPS *receiver* dan pemancar RF.
3. Menunggu data yang dikirim oleh modul GPS *receiver* dalam status valid (ditunjukkan dalam header \$GPRMC pada format NMEA).
4. Mencatat data koordinat yang diterima, dan menjadikannya sebagai titik koordinat modul penerima RF.
5. Memindahkan modul GPS *receiver* dan pemancar RF semakin menjauhi modul penerima RF. Ilustrasi skema pengujian modul RF ditunjukkan dalam Gambar 5.17.



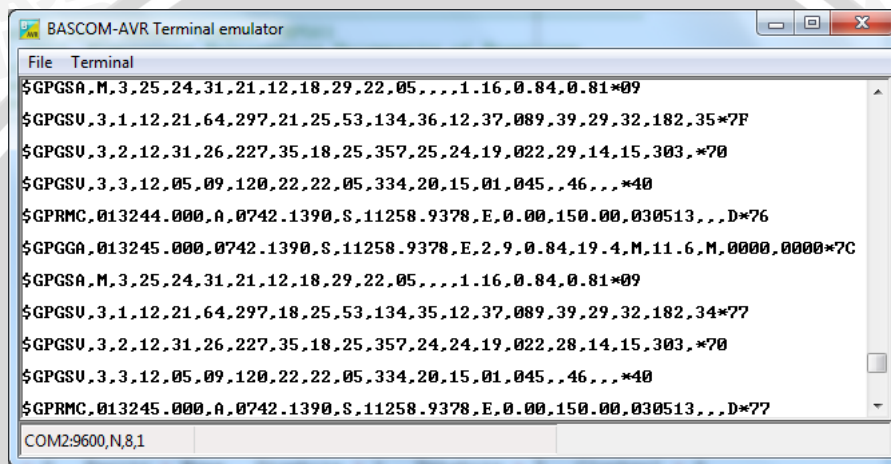
Gambar 5.17 Skema Pengujian RF

6. Mencatat data koordinat (modul pemancar RF) yang diterima oleh penerima RF.
7. Mengulangi prosedur 5 dan 6 berulang kali hingga data yang diterima oleh modul penerima RF terdapat *error* (tidak sesuai dengan format yang dikirim oleh modul pemancar).
8. Menjadikan data sebelum terjadinya *error* sebagai titik koordinat terjauh modul pemancar RF dari modul penerima RF.
9. Mengkonversi selisih koordinat modul penerima RF dan koordinat terjauh modul pemancar RF dalam satuan meter.

Hasil pengujian transmisi data pada pemancar dan penerima YS-1020U, titik koordinat modul penerima RF adalah $07^{\circ}42,1405'LS$, $112^{\circ}58,9381'BT$, dan koordinat terjauh dari modul pemancar RF adalah $07^{\circ}42,2766'LS$, $112^{\circ}58,9322'BT$. Kedua titik koordinat tersebut dikonversi ke dalam satuan

derajat, diperoleh titik koordinat modul penerima RF (*point 1*) yaitu $7,702342^{\circ}\text{LS}$, $112,982302^{\circ}\text{BT}$, serta titik koordinat modul pemancar RF (*point 2*) $7,70461^{\circ}\text{LS}$, $112,982303^{\circ}\text{BT}$. Dengan menggunakan persamaan 2.9, jarak antara kedua titik koordinat tersebut dapat diketahui, yaitu sebesar 270m.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa data dikirim dengan baik (sesuai dengan format pengiriman data) ketika pesawat pemancar RF dan pesawat penerima RF berjarak 0 hingga 270 meter (radius). Hasil pengujian ditunjukkan dalam Gambar 5.18.

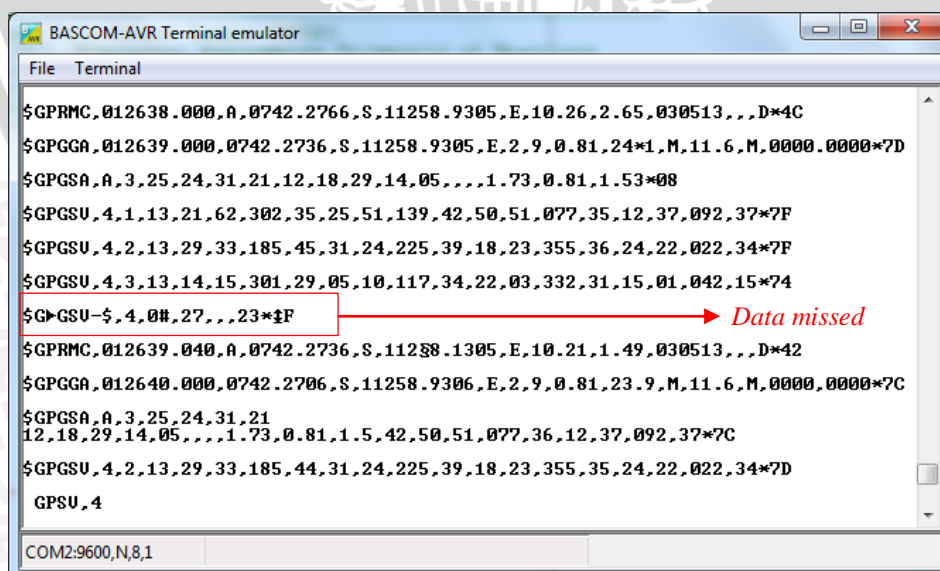


```

BASCOM-AVR Terminal emulator
File Terminal
$GPGSA,M,3.25,24.31,21.12,18.29,22.05,,,,,1.16,0.84,0.81*09
$GPGSU,3,1.12,21.64,297.21,25.53,134.36,12.37,089.39,29.32,182.35*7F
$GPGSU,3,2.12,31.26,227.35,18,25,357.25,24,19,022.29,14,15,303,*70
$GPGSU,3,3.12,05.09,120,22,22,05,334,20,15,01,045,,46,,*40
$GPRMC,013244.000,A,0742.1390,S,11258.9378,E,0.00,150.00,030513,,,D*76
$GPGGA,013245.000,0742.1390,S,11258.9378,E,2.9,0.84,19.4,M,11.6,M,0000.0000*7C
$GPGSA,M,3.25,24.31,21.12,18.29,22.05,,,,,1.16,0.84,0.81*09
$GPGSU,3,1.12,21.64,297.18,25,53,134,35,12,37,089.39,29,32,182,34*77
$GPGSU,3,2.12,31.26,227.35,18,25,357,24,24,19,022,28,14,15,303,*70
$GPGSU,3,3.12,05.09,120,22,22,05,334,20,15,01,045,,46,,*40
$GPRMC,013245.000,A,0742.1390,S,11258.9378,E,0.00,150.00,030513,,,D*77
COM2:9600,N,8,1
  
```

Gambar 5.18 Transmisi Data YS-1020U hingga Jarak 250 m

Hasil pengujian dengan jarak lebih dari 270 meter, data yang diterima tidak sesuai dengan format data yang dikirim. Hasil pengujian dengan jarak lebih dari 270 meter ditunjukkan dalam Gambar 5.19.



```

BASCOM-AVR Terminal emulator
File Terminal
$GPRMC,012638.000,A,0742.2766,S,11258.9305,E,10.26,2.65,030513,,,D*4C
$GPGGA,012639.000,0742.2736,S,11258.9305,E,2.9,0.81,24*1,M,11.6,M,0000.0000*7D
$GPGSA,A,3,25,24,31,21,12,18,29,14,05,,,,,1.73,0.81,1.53*08
$GPGSU,4,1,13,21,62,302,35,25,51,139,42,50,51,077,35,12,37,092,37*7F
$GPGSU,4,2,13,29,33,185,45,31,24,225,39,18,23,355,36,24,22,022,34*7F
$GPGSU,4,3,13,14,15,301,29,05,10,117,34,22,03,332,31,15,01,042,15*74
$GPGSU-$,4,0#,27,,,23*1F Data missed
$GPRMC,012639.040,A,0742.2736,S,11258.1305,E,10.21,1.49,030513,,,D*42
$GPGGA,012640.000,0742.2706,S,11258.9306,E,2.9,0.81,23.9,M,11.6,M,0000.0000*7C
$GPGSA,A,3,25,24,31,21,12,18,29,14,05,,,,,1.73,0.81,1.53*08
$GPGSU,4,2,13,29,33,185,44,31,24,225,39,18,23,355,35,24,22,022,34*7D
GPSU,4
COM2:9600,N,8,1
  
```

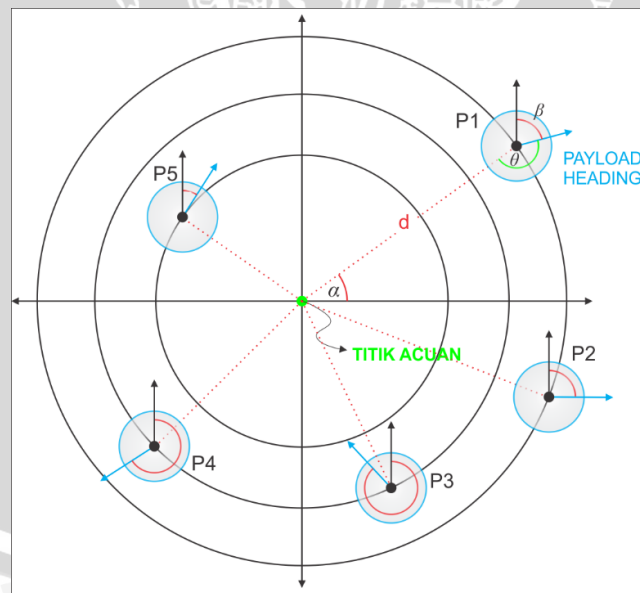
Gambar 5.19 Transmisi Data YS-1020U dengan Jarak Lebih dari 270m

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat dianalisis bahwa data dapat dikirim dengan baik tanpa ada karakter yang hilang pada jarak maksimum 270 meter. Jarak maksimum transmisi data pada percobaan tidak sesuai dengan yang tertera pada *datasheet* modul RF *transceiver* YS-1020. Pada *datasheet* disebutkan bahwa modul RF *transceiver* dapat melakukan transmisi data hingga jarak 800m pada *open area*. Hal ini disebabkan oleh kondisi tempat pengujian yang terdapat banyak objek di sekitarnya, sehingga dapat mengganggu proses transmisi data.

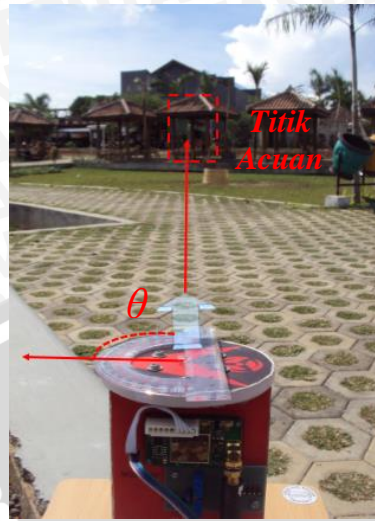
5.6 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui besarnya kesalahan pengukuran dalam penunjukan sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran dari sistem yang telah dibuat.

Pengujian sistem secara keseluruhan terdiri atas dua variabel bebas, yakni sudut hadap *payload* terhadap arah utara (*payload heading*) dan posisi *payload* terhadap titik acuan (titik peluncuran). Skema dan ilustrasi pengujian sistem keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.



Gambar 5.20 Skema Pengujian Sistem secara Keseluruhan

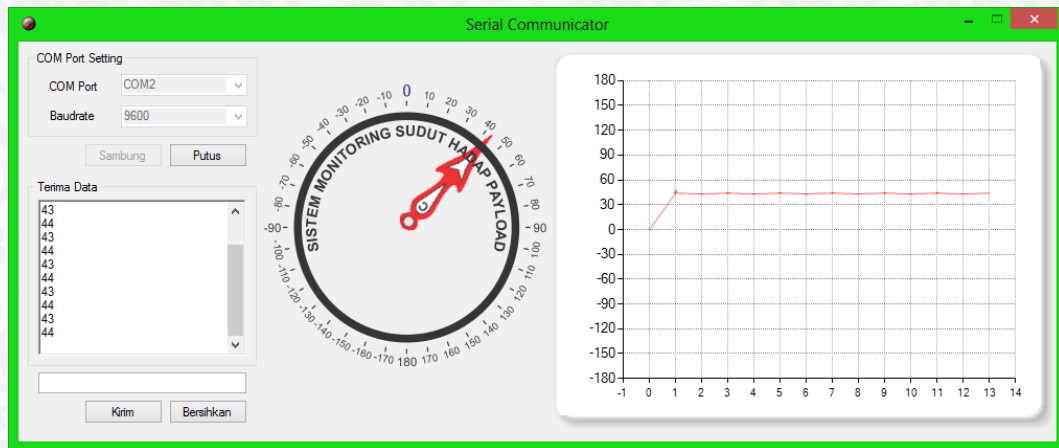


Gambar 5.21 Ilustrasi Pengujian Sistem secara Keseluruhan

Besarnya *payload heading* (β) dan *bearing* yang terjadi antara titik acuan dengan *payload* (α) diproses di dalam mikrokontroler. Sehingga parameter yang dapat diubah dalam pengujian ini adalah sudut hadap *payload* terhadap titik acuan (θ) dan jarak antara *payload* dengan titik acuan (d). Pengujian dilakukan sebanyak 13 kali pada posisi acak (P1-P13). Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menempatkan *payload* dan *ground segment* pada satu titik (titik acuan/titik peluncuran).
2. Menyalakan sistem elektrik *payload*, menunggu hingga indikator pada rangkaian mikrokontroler menyala (menunjukkan bahwa data yang diterima dari GPS *receiver* berstatus valid).
3. Menggerakkan *payload* menjauhi titik acuan diikuti dengan memutar arah *payload*.
4. Mencatat data sudut hadap *payload* terhadap titik acuan/titik peluncuran (sudut θ) yang ditunjukkan oleh program visual.
5. Melakukan pengukuran sudut hadap *payload* terhadap titik acuan/titik peluncuran secara manual (menggunakan busur derajat).
6. Mengulangi prosedur 3 hingga 5 dengan titik koordinat serta arah *payload* yang berbeda-beda.

Tampilan program visual ditunjukkan dalam Gambar 5.22 dan hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Tabel 5.8.



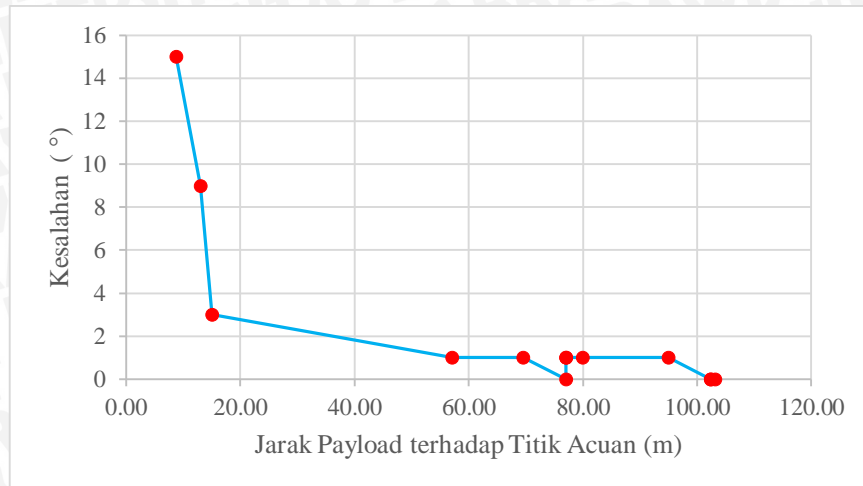
Gambar 5.22 Tampilan Program pada Salah Satu Pengujian

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Sistem secara Keseluruhan

Titik	Daerah	d (m)	Sudut Sebenarnya θ (°)	Hasil Pengukuran θ (°)	Kesalahan (°)
P1	3	8.79	-115	-100	15
P2	2	13.00	0	-9	9
P3	3	15.00	-165	-162	3
P4	4	57.03	99	98	1
P5	3	69.49	34	35	1
P6	3	77.05	-90	-90	0
P7	3	77.05	-131	-132	1
P8	3	77.05	130	131	1
P9	4	79.98	113	114	1
P10	2	95.00	-42	-41	1
P11	1	102.37	0	0	0
P12	1	102.37	-156	-155	1
P13	4	103.08	109	109	0

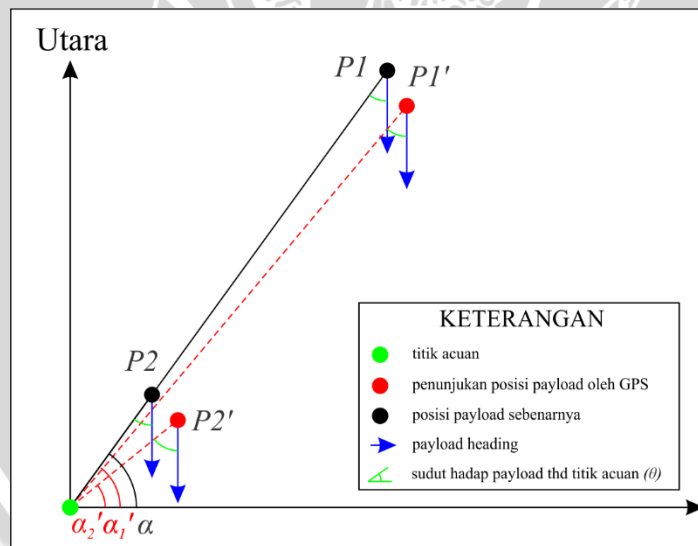
Berdasarkan data hasil pengujian, dapat diketahui bahwa besarnya kesalahan pengukuran dipengaruhi oleh jarak antara *payload* dengan titik acuan. Makin dekat posisi *payload* dengan titik acuan, makin besar nilai kesalahan pengukuran yang dihasilkan. Grafik pengaruh jarak *payload* terhadap besarnya nilai kesalahan hasil pengukuran ditunjukkan dalam Gambar 5.23.

Besarnya kesalahan pengukuran yang bertambah saat *payload* makin mendekati ke titik acuan disebabkan oleh kesalahan pembacaan titik koordinat (posisi *payload*) oleh modul GPS *receiver*. Hal tersebut dikarenakan GPS *receiver* SKM-53 memiliki kesalahan pengukuran posisi hingga 6,63m (hasil pengujian).



Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Jarak *Payload* - Titik Acuan terhadap Besarnya Kesalahan Pengukuran

Besarnya simpangan pengukuran tersebut berpengaruh terhadap besarnya nilai *bearing* dari *payload* terhadap titik acuan (sudut α), makin dekat posisi *payload* terhadap titik acuan makin besar pula simpangan yang terjadi pada penghitungan sudut α . Dengan demikian dalam penunjukan sudut θ juga akan terjadi kesalahan. Ilustrasi pengaruh jarak *payload* terhadap hasil pengukuran sudut θ ditunjukkan dalam Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Ilustrasi Pengaruh Jarak *Payload* terhadap Pengukuran Sudut θ

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis sistem monitoring sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran roket, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor kompas digital CMPS10 memiliki akurasi sebesar $\pm 1^\circ$, serta dapat melakukan pengukuran dengan baik hingga kemiringan 85° .
2. Modul GPS *receiver* SKM-53 memiliki akurasi sebesar 6,63 meter (radius).
3. Modul RF *transceiver* YS-1020 mampu melakukan transmisi data dengan baik hingga radius 270 meter.
4. Sistem monitoring sudut hadap *payload* terhadap titik peluncuran mampu menunjukkan hasil pengukuran sudut hadap dengan akurasi $\pm 1^\circ$ pada saat jarak *payload* lebih dari 50 meter terhadap titik peluncuran roket. Nilai akurasi menjadi lebih buruk saat *payload* makin dekat dengan titik peluncuran, yaitu $\pm 15^\circ$. Rendahnya akurasi GPS *receiver* menjadi faktor penyebab kesalahan pengukuran yang makin besar pada jarak dekat.

6.2 Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Meningkatkan tingkat akurasi pengukuran sudut hadap *payload* dengan menggunakan GPS *receiver* dengan akurasi dan sensitivitas yang lebih tinggi.
2. Sistem yang telah dirancang hanya menitikberatkan pada sistem monitoring saja. Dalam hal ini *payload* belum dapat dikontrol pergerakannya untuk kembali menuju titik peluncuran. Oleh karena itu pada pengembangan selanjutnya dapat menggunakan motor pendorong agar muatan roket dapat dikendalikan

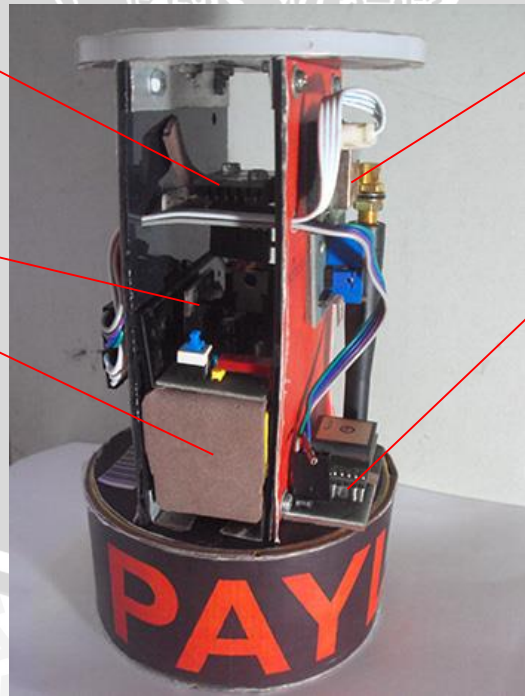
DAFTAR PUSTAKA

- Atmel. 2010. *8-bit AVR Microcontroller with 128Kbyte in System Programmable Flash*. <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf>. Diakses tanggal 25 Desember 2012
- Bejo, A. 2008. *C dan AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Betke, K. 2001. *The NMEA 0183 Protocol*. New Bern: The NMEA.
- Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. 2011. *Buku Panduan KOMURINDO 2012*.
- Gapaiasa, Y. 2011. *Implementasi Sensor Kompas Digital untuk Memonitor Arah Muatan Roket*. Malang: Skripsi Jurusan Teknik Elektro FT-UB.
- Heryanto, M. A. 2008. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: ANDI.
- Hirin, A. M. 2011. *Belajar Tuntas VB.Net 2010*. Jakarta: Prestasi Pustakaraya
- Robot-electronics. 2013. *CMPS10 – Tilt Compensated Compass Module*. <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/cms10i2c.html>. Diakses tanggal 12 April 2013
- ShenZen Yishi Electronic Technology Development. 2000. *YS-1020UB RF Data Transceiver*. <http://lapan.te.ugm.ac.id/download.php?f=YS1020UB%20manual.pdf>. Diakses tanggal 25 Desember 2012.
- Skylab. 2008. *Skynav SKM-53 Series – Ultra High Sensitivity and Low Power, The Smart Antenna GPS Module*. <http://www.robotshop.com/content/PDF/datasheet-skgps-53.pdf>. Diakses tanggal 12 April 2013
- Taufik, Ahmad Sul Khan. 2013. *Sistem Navigasi Waypoint pada Autonomous Mobile Robot*. Malang: Skripsi Jurusan Teknik Elektro FT-UB.
- Zoog, J. M. 2001. *Compendium: Essential of Sattelite Navigation*. Switzerland: U-Blox.





Sistem Minimal ATmega128



Sensor Kompas Magnetik CMPS10

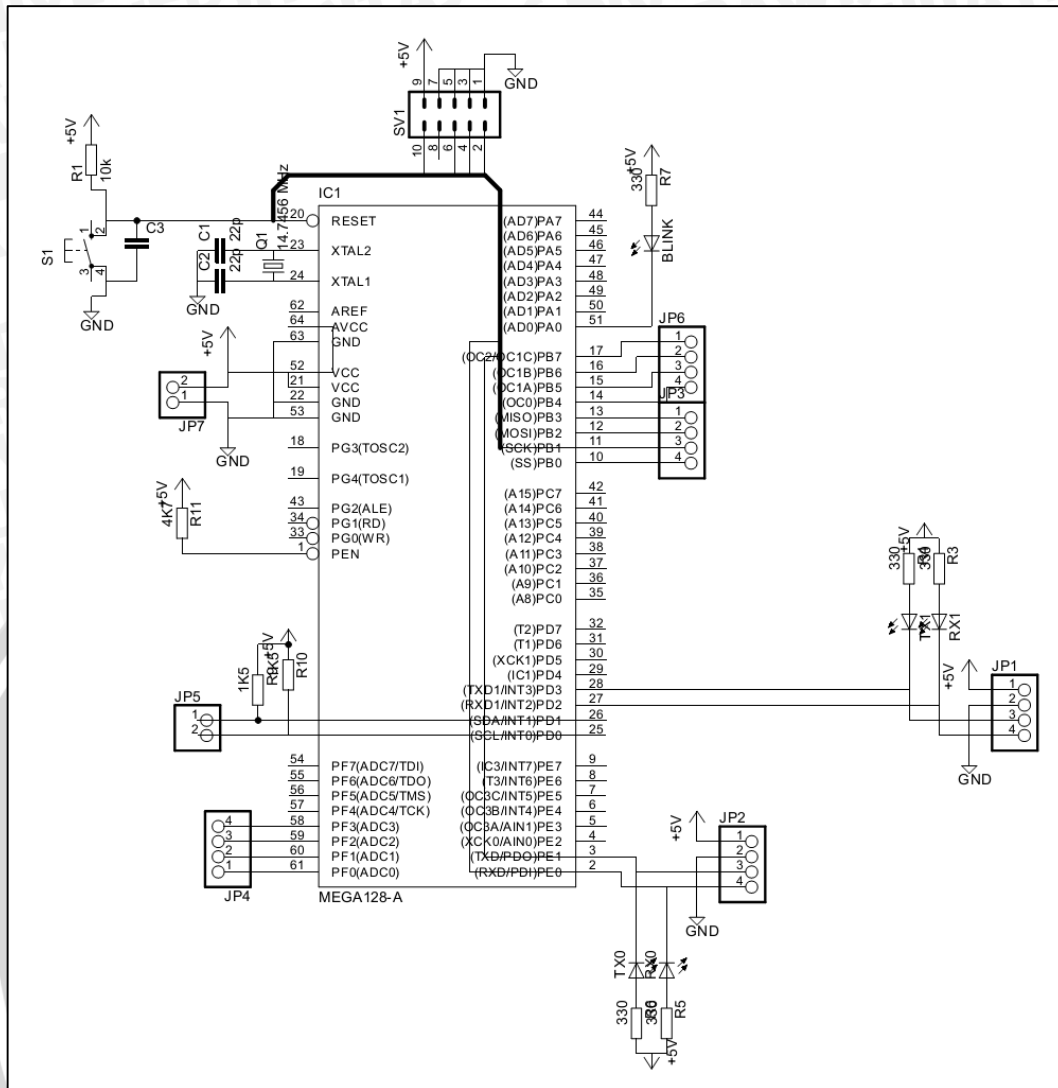
DC Regulator

Baterai Li-Po 7,4V

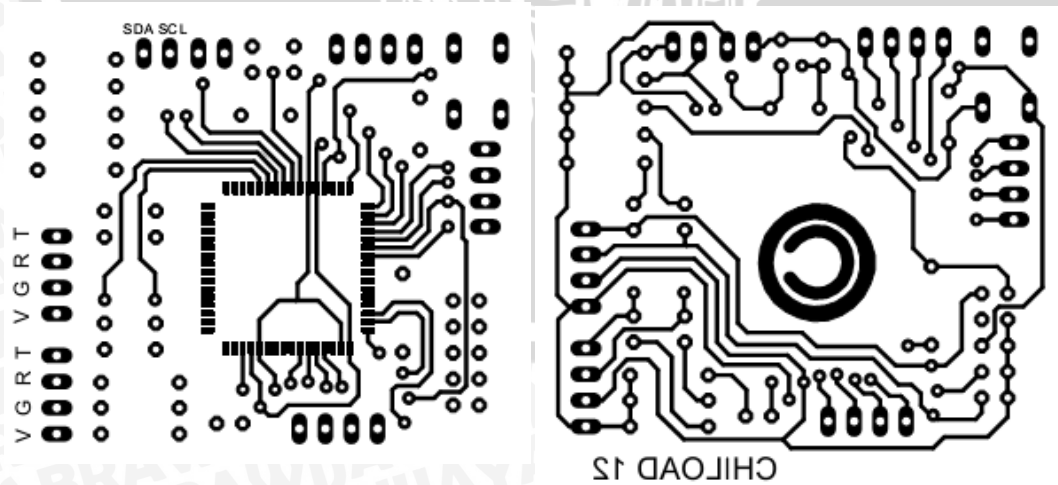
Modul RF YS-1020

Modul GPS Receiver SKM53





Skematik Rangkaian Mainboard Menggunakan Software EAGLE 5.11



PCB (Top View)

PCB (Bottom View)

LISTING PROGRAM MIKROKONTROLER



```

-----
'name          : Monitoring Sudut Hadap Payload Terhadap Titik Peluncuran
Roket
'copyright     : (c) 2013, Electrical Engineering University of Brawijaya
'author        : Cholik Hari Wahyudi (0810630039)
'purpose       : Thesis - Microcontrller Program
'micro         : Mega128
'compiler      : BascomAVR
-----

$regfile = "m128def.dat"
$crystal = 14745600
$hwstack = 40
$swstack = 16
$framesize = 32

'pengaturan indikator
Config PORTA.0 = Output
Indikator Alias PORTA.0
Set Indikator

'pengaturan i2c
Config Scl = PORTD.0
Config Sda = PORTD.1
Const Tulis = &HC0                '192
Const Baca = &HC1                 '193
Const Pi = 3.14159265358979

'Pengaturan USART
Config Com1 = 9600 , Synchron = 0 , Parity = None , Stopbits = 1 , Databits = 8 ,
Clockpol = 0
Config Com2 = 9600 , Synchron = 0 , Parity = None , Stopbits = 1 , Databits = 8 ,
Clockpol = 0
Open "com1:" For Binary As #1
Open "com2:" For Binary As #2

Declare Sub Ambil_data_gprmc
Declare Sub Hitung_data_gps
Declare Sub Hitung_suduthadap
Declare Sub Ambildata_kompas
Declare Sub Olahdata_kompas
Declare Sub Cetak_data
Declare Sub Tunggu_koma
Declare Sub Tunggu_lf
Declare Sub Terima_serial

Dim Data_cmps03 As Long
Dim Alamat As Byte
Dim Sudut_kompas As Single , Payload_heading As Single
Dim Validitas As Byte
Dim Count As Byte , Pengali_bujur As Single

Dim Bujur As Single , Lintang As Single
Dim Selisih_bujur As Single , Selisih_lintang As Single
Dim Sudut_alpha As Single , Sudut As Single , Sudut_fix As Long
Dim X0 As Single , Y0 As Single , X1 As Single , Y1 As Single
Dim Buff_bujur As Byte , Buff_lintang As Byte
Dim Lintangd1 As Byte , Lintangd2 As Byte , Lintangd3 As Byte , Lintangd4 As Byte
Dim Lintangd5 As Byte , Lintangd6 As Byte , Lintangd7 As Byte , Lintangd8 As Byte
Dim Lintangdot As Byte
Dim Lintangd5s As Single , Lintangd6s As Single , Lintangd7s As Single , Lintangd8s As
Single
Dim Lintang_derajat As Byte , Lintang_menit As Single , Lintang_detik As Single

Dim Bujurd1 As Byte , Bujurd2 As Byte , Bujurd3 As Byte , Bujurd4 As Byte
Dim Bujurd5 As Byte , Bujurd6 As Byte , Bujurd7 As Byte , Bujurd8 As Byte , Bujurd9 As
Byte
Dim Bujurdot As Byte
Dim Bujurd6s As Single , Bujurd7s As Single , Bujurd8s As Single , Bujurd9s As Single
Dim Bujur_derajat As Integer , Bujur_menit As Single
Dim N_atau_s As Byte , E_atau_w As Byte
Dim Buff_ser As Byte , Buff_command As Byte

```

```

'----- PROGRAM UTAMA -----
Titik awal:
  Call Ambil_data_gprmc
  If Validitas <> "A" Then Goto Titik_awal      'memeriksa validitas data GPS

  For Count = 1 To 10
    Reset Indikator
    Waitms 500
    Set Indikator
    Waitms 500
  Next Count
  Call Ambil_data_gprmc
  Y0 = Lintang
  X0 = Bujur
  Wait 1
  Reset Indikator

  Kirim data:
  Call Ambil_data_gprmc
  Call Hitung_data_gps
  Call Olahdata_kompas
  Call Hitung_suduthadap
  Call Cetak_data
  Call Olahdata_kompas
  Call Hitung_suduthadap
  Call Cetak_data
  Goto Kirim_data

'----- SUBRUTIN -----
Sub Ambil_data_gprmc
  Tunggu_gprmc1:
  Call Terima_serial
  If Buff_ser <> "M" Then Goto Tunggu_gprmc1
  Call Terima_serial
  If Buff_ser <> "C" Then Goto Tunggu_gprmc1
  Call Tunggu_koma
  Call Tunggu_koma
  Call Terima_serial
  Validitas = Buff_ser
  Call Tunggu_koma

  Call Terima_serial
  Lintangd1 = Buff_ser - "0"
  Lintangd1 = Lintangd1 * 10
  Call Terima_serial
  Lintangd2 = Buff_ser - "0"
  Lintang_derajat = Lintangd1 + Lintangd2

  Call Terima_serial
  Lintangd3 = Buff_ser - "0"
  Lintangd3 = Lintangd3 * 10
  Call Terima_serial
  Lintangd4 = Buff_ser - "0"
  Lintang_menit = Lintangd3 + Lintangd4

  Call Terima_serial
  Lintangdot = Buff_ser

  Call Terima_serial
  Lintangd5 = Buff_ser - "0"
  Lintangd5s = Lintangd5 / 10
  Lintang_menit = Lintang_menit + Lintangd5s
  Call Terima_serial
  Lintangd6 = Buff_ser - "0"
  Lintangd6s = Lintangd6 / 100
  Lintang_menit = Lintang_menit + Lintangd6s
  Call Terima_serial
  Lintangd7 = Buff_ser - "0"
  Lintangd7s = Lintangd7 / 1000
  Lintang_menit = Lintang_menit + Lintangd7s
  Call Terima_serial
  Lintangd8 = Buff_ser - "0"
  Lintangd8s = Lintangd8 / 10000

```

```
Lintang_minit = Lintang_minit + Lintangd8s
Lintang_minit = Lintang_minit / 60
```

```
Lintang = Lintang_derajat + Lintang_minit
```

```
Call Tunggu_koma
Call Terima_serial
N_atau_s = Buff_ser
Call Tunggu_koma
```

```
Call Terima_serial
Bujurd1 = Buff_ser - "0"
Bujurd1 = Bujurd1 * 100
Call Terima_serial
Bujurd2 = Buff_ser - "0"
Bujurd2 = Bujurd2 * 10
Call Terima_serial
Bujurd3 = Buff_ser - "0"
Bujur_derajat = Bujurd1 + Bujurd2
Bujur_derajat = Bujur_derajat + Bujurd3
```

```
Call Terima_serial
Bujurd4 = Buff_ser - "0"
Bujurd4 = Bujurd4 * 10
Call Terima_serial
Bujurd5 = Buff_ser - "0"
Bujur_minit = Bujurd4 + Bujurd5
```

```
Call Terima_serial
Bujurdot = Buff_ser
```

```
Call Terima_serial
Bujurd6 = Buff_ser - "0"
Bujurd6s = Bujurd6 / 10
Bujur_minit = Bujur_minit + Bujurd6s
Call Terima_serial
Bujurd7 = Buff_ser - "0"
Bujurd7s = Bujurd7 / 100
Bujur_minit = Bujur_minit + Bujurd7s
Call Terima_serial
Bujurd8 = Buff_ser - "0"
Bujurd8s = Bujurd8 / 1000
Bujur_minit = Bujur_minit + Bujurd8s
Call Terima_serial
Bujurd9 = Buff_ser - "0"
Bujurd9s = Bujurd9 / 10000
Bujur_minit = Bujur_minit + Bujurd9s
Bujur_minit = Bujur_minit / 60
```

```
Bujur = Bujur_derajat + Bujur_minit
```

```
Call Tunggu_koma
Call Terima_serial
E_atau_w = Buff_ser
```

```
End Sub
```

```
Sub Hitung_data_gps
Y1 = Lintang
X1 = Bujur
Selisih_lintang = Y1 - Y0
Selisih_bujur = X1 - X0
Pengali_bujur = Y0 + Y1
Pengali_bujur = Pengali_bujur * Pi
Pengali_bujur = Pengali_bujur / 360
Pengali_bujur = Cos(pengali_bujur)
Sudut_alpha = Selisih_lintang / Selisih_bujur
Sudut_alpha = Sudut_alpha / Pengali_bujur
Sudut_alpha = Abs(sudut_alpha)
Sudut_alpha = Atn(sudut_alpha)
Sudut_alpha = Rad2deg(sudut_alpha)
```

```
End Sub
```

```
Sub Hitung_suduthadap
Dim Parameter1 As Single , Parameter2 As Single
```



```

'DAERAH 1
If Selisih_lintang <= 0 And Selisih_bujur >= 0 Then
  Parameter1 = 90 - Sudut_alpha
  If Payload_heading < Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading + Sudut_alpha
    Sudut = Sudut + 90
  Elseif Payload_heading >= Parameter1 And Payload_heading < 360 Then
    Sudut = Payload_heading + Sudut_alpha
    Sudut = Sudut - 270
  End If

'DAERAH 2
Elseif Selisih_lintang <= 0 And Selisih_bujur <= 0 Then
  Parameter1 = Sudut_alpha + 270
  If Payload_heading > 0 And Payload_heading < Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading - Sudut_alpha
    Sudut = Sudut - 90
  Elseif Payload_heading > Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading - Sudut_alpha
    Sudut = Sudut - 450
  End If

'DAERAH 3
Elseif Selisih_lintang >= 0 And Selisih_bujur <= 0 Then
  Parameter1 = 270 - Sudut_alpha
  If Payload_heading > 0 And Payload_heading < Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading + Sudut_alpha
    Sudut = Sudut - 90
  Elseif Payload_heading > Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading + Sudut_alpha
    Sudut = Sudut - 450
  End If

'DAERAH 4
Elseif Selisih_lintang >= 0 And Selisih_bujur >= 0 Then
  Parameter1 = 90 + Sudut_alpha
  If Payload_heading > 0 And Payload_heading < Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading - Sudut_alpha
    Sudut = Sudut + 90
  Elseif Payload_heading > Parameter1 Then
    Sudut = Payload_heading - Sudut_alpha
    Sudut = Sudut - 270
  End If
End If
End Sub

Sub Cetak_data:
  Sudut_fix = Sudut
  If Sudut_fix < 0 Then
    Sudut_fix = Sudut_fix * -1
    Sudut_fix = Sudut_fix + 300
  Else
    Sudut_fix = Sudut_fix + 100
  End If
  Print Sudut_fix
End Sub

Sub Tunggu_lf:
  SBIS UCSR1A,RXC1
  RJMP Tunggu_lf
  Buff_ser = UDR1
  If Buff_ser <> 10 Then Goto Tunggu_lf
End Sub

Sub Tunggu_koma:
  SBIS UCSR1A,RXC1
  RJMP Tunggu_koma
  Buff_ser = UDR1
  If Buff_ser <> "," Then Goto Tunggu_koma
End Sub

Sub Terima_serial:
  SBIS UCSR1A,RXC1
  RJMP Terima_serial
  'skip if bit RXC1 in I/O reg UCSR1A set

```



```
Buff_ser = UDR1
End Sub

Sub Ambildata_kompas
  I2cstart                                'generate start
  I2cwByte Tulis                          'slave address (write)
  I2cwByte Alamat                        'address of EEPROM
  I2cstart                                'repeated start
  I2cwByte Baca                          'slave address (read)
  I2crByte Data_cmps03 , Nack            'read byte
  Waitms 30                              'generate stop
End Sub

Sub Olahdata_kompas
  Config Single = Scientific , Digits = 1
  Dim Cmpsa As Integer
  Dim Cmpsb As Integer
  Dim Compass As Single
  Alamat = 2
  Call Ambildata_kompas
  Cmpsa = Data_cmps03
  Alamat = 3
  Call Ambildata_kompas
  Cmpsb = Data_cmps03
  Shift Cmpsa , Left , 8
  Compass = Cmpsa + Cmpsb
  Compass = Compass / 10
  Sudut_kompas = Compass
  Payload_heading = Sudut_kompas + 1
  If Payload_heading > 360 Then          'ditambah deklinasi magnetik
    Payload_heading = Payload_heading - 360
  End If
End Sub
```



LISTING PROGRAM ANTARMUKA



```

Public Class Form1
    Dim WithEvents SerialPort As New IO.Ports.SerialPort
    Dim sudut() As String
    Dim itime As Random
    Dim Jarum_kompas As Bitmap
    Dim sudut_hadap As Integer, sudut_jarum As Integer
    Dim data As String, data1 As String, data2 As String, data_terima As String
    Dim panjang As Integer
    Dim atime As Integer
    Dim Enter1, Enter2, Enter3 As Integer
    Dim Echo, Echo1, Echo2, Echo3 As String

    Private Sub Form1_FormClosing(sender As Object, e As
System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
        Dim a As Byte
        a = MessageBox.Show("Wanna Quit?", "", MessageBoxButtons.YesNo,
MessageBoxIcon.Question, MessageBoxDefaultButton.Button2, 0, False)
        If a = Windows.Forms.DialogResult.No
            e.Cancel = True
        End If
    End Sub

    Private Sub Form1_Load(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
MyBase.Load
        btnSambung.Enabled = True
        btnPutus.Enabled = False
        btnKirim.Enabled = False
        btnBersihkan.Enabled = False
        cbbComport.Enabled = True
        cbbBaudrate.Enabled = True

        Jarum_kompas = New Bitmap("Jarum.png", True)

        cbbComport.Items.Clear()
        For i As Integer = 0 To My.Computer.Ports.SerialPortNames.Count - 1
            cbbComport.Items.Add(My.Computer.Ports.SerialPortNames(i))
        Next

        cbbBaudrate.Items.Add(1200)
        cbbBaudrate.Items.Add(2400)
        cbbBaudrate.Items.Add(4800)
        cbbBaudrate.Items.Add(9600)
        cbbBaudrate.Items.Add(14400)
        cbbBaudrate.Items.Add(19200)
        cbbBaudrate.Items.Add(38400)
        cbbBaudrate.Items.Add(57600)
        cbbBaudrate.Items.Add(115200)
        itime = New Random
        Chart1.Series(0).Name = "low power"
    End Sub

    Private Sub cbbComport_DropDown(sender As Object, e As System.EventArgs) Handles
cbbComport.DropDown
        cbbComport.Items.Clear()
        For i As Integer = 0 To My.Computer.Ports.SerialPortNames.Count - 1
            cbbComport.Items.Add(My.Computer.Ports.SerialPortNames(i))
        Next
    End Sub

    Private Sub btnSambung_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
btnSambung.Click
        If cbbComport.Text = "" Then
            MsgBox("Silakan Pilih COM Port", MsgBoxStyle.OkOnly, "")
        ElseIf cbbBaudrate.Text = "" Then
            MsgBox("Silakan Pilih Baudrate", MsgBoxStyle.OkOnly, "")
        Else
            btnSambung.Enabled = False
            btnPutus.Enabled = True
            btnKirim.Enabled = True
            btnBersihkan.Enabled = True
            cbbComport.Enabled = False
        End If
    End Sub

```

```

        cbbBaudrate.Enabled = False

        If SerialPort1.IsOpen Then
            SerialPort1.Close()
        End If

        SerialPort1.PortName = cbbComport.SelectedItem
        SerialPort1.BaudRate = cbbBaudrate.SelectedItem
        SerialPort1.Parity = IO.Ports.Parity.None
        SerialPort1.DataBits = 8
        SerialPort1.Open()
    End If
End Sub

Private Sub btnPutus_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
btnPutus.Click
    btnSambung.Enabled = True
    btnPutus.Enabled = False
    btnKirim.Enabled = False
    btnBersihkan.Enabled = True
    cbbComport.Enabled = True
    cbbBaudrate.Enabled = True
    SerialPort1.Close()
End Sub

Private Sub btnKirim_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
btnKirim.Click
    SerialPort1.Write(tbKirim.Text + vbCrLf)
End Sub

Private Sub btnBersihkan_Click(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles
btnBersihkan.Click
    rtbTerima.Text = ""
    tbKirim.Text = ""
End Sub

Private Sub SerialPort1_DataReceived(sender As Object, e As
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs) Handles SerialPort1.DataReceived
    rtbTerima.Invoke(New myDelegate(AddressOf updateTextBox))
End Sub

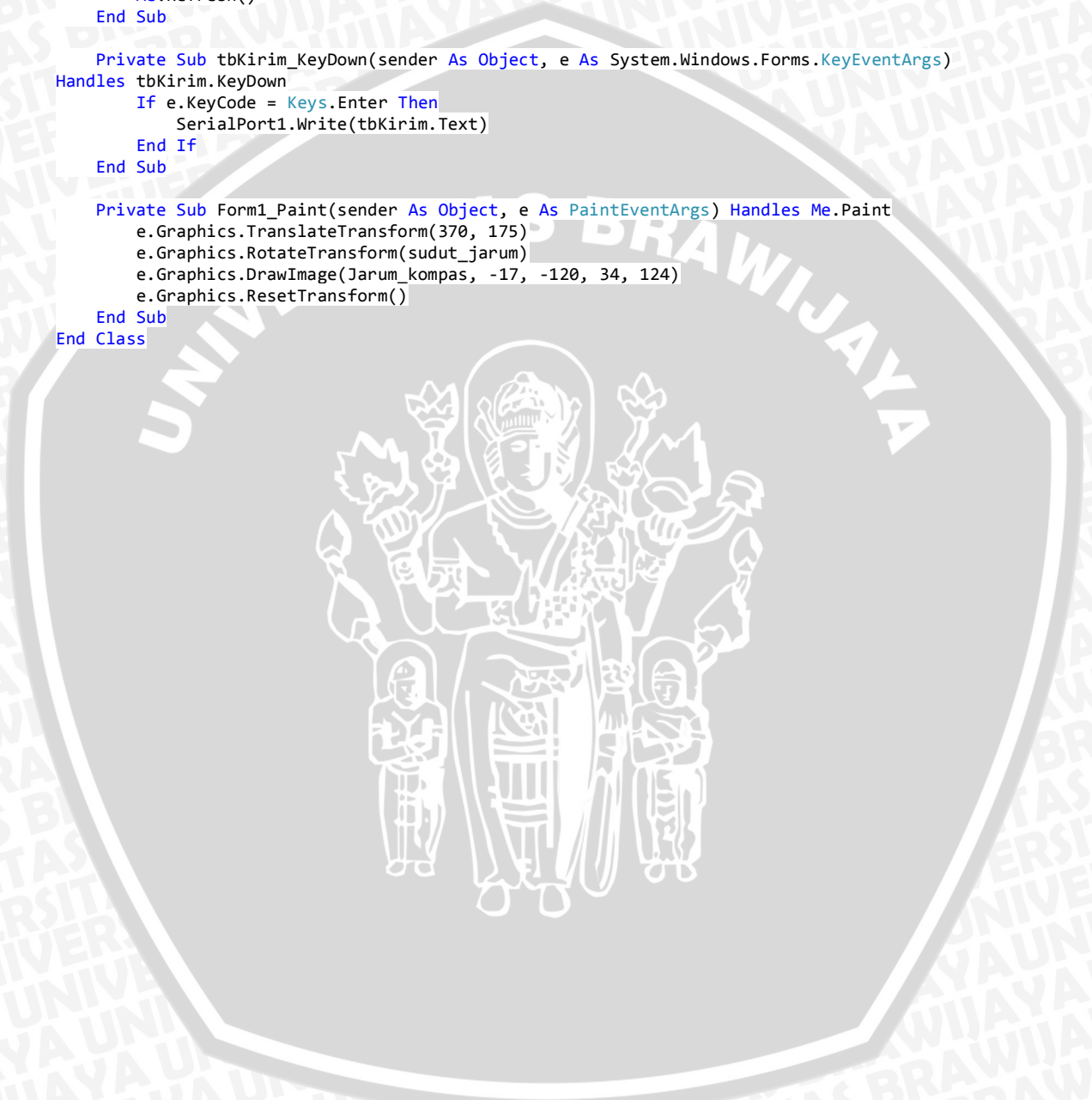
Public Delegate Sub myDelegate()
Public Sub updateTextBox()
    terima_serial:
        data_terima = SerialPort1.ReadExisting
        panjang = data_terima.Length
        If panjang = 1 Then
            data1 = data_terima
            data = data1
            rtbTerima.AppendText("")
            Chart1.Series(0).Points.AddXY(atime, sudut_hadap)
        ElseIf panjang = 3 Then
            data2 = data_terima
            data = data1 + data2
            sudut_hadap = Convert.ToInt32(data)
            If sudut_hadap < 300 Then
                sudut_hadap = sudut_hadap - 100 ' positif
            Else
                sudut_hadap = sudut_hadap - 300 ' negatif
                sudut_hadap = sudut_hadap * -1
            End If
            rtbTerima.AppendText(sudut_hadap)
            rtbTerima.AppendText(vbLf)
            atime = atime + 1
            Chart1.Series(0).Points.AddXY(atime, sudut_hadap)
        ElseIf panjang = 4 Then
            data = data_terima
            sudut_hadap = Convert.ToInt32(data)
            If sudut_hadap < 300 Then
                sudut_hadap = sudut_hadap - 100
            Else

```

```
        sudut_hadap = sudut_hadap - 300
        sudut_hadap = sudut_hadap * -1
    End If
    rtbTerima.AppendText(sudut_hadap)
    rtbTerima.AppendText(vbLf)
    atime = atime + 1
    Chart1.Series(0).Points.AddXY(atime, sudut_hadap)
End If
sudut_jarum = sudut_hadap
Me.Refresh()
End Sub

Private Sub tbKirim_KeyDown(sender As Object, e As System.Windows.Forms.KeyEventArgs)
Handles tbKirim.KeyDown
    If e.KeyCode = Keys.Enter Then
        SerialPort1.Write(tbKirim.Text)
    End If
End Sub

Private Sub Form1_Paint(sender As Object, e As PaintEventArgs) Handles Me.Paint
    e.Graphics.TranslateTransform(370, 175)
    e.Graphics.RotateTransform(sudut_jarum)
    e.Graphics.DrawImage(Jarum_kompas, -17, -120, 34, 124)
    e.Graphics.ResetTransform()
End Sub
End Class
```





Features

- High-performance, Low-power AVR[®] 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 133 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers + Peripheral Control Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 128K Bytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 4K Bytes EEPROM
 - 4K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Up to 64K Bytes Optional External Memory Space
 - Programming Lock for Software Security
 - SPI Interface for In-System Programming
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - Two Expanded 16-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, Compare Mode and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Two 8-bit PWM Channels
 - 6 PWM Channels with Programmable Resolution from 2 to 16 Bits
 - Output Compare Modulator
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Dual Programmable Serial USARTs
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
 - Software Selectable Clock Frequency
 - ATmega103 Compatibility Mode Selected by a Fuse
 - Global Pull-up Disable
- I/O and Packages
 - 53 Programmable I/O Lines
 - 64-lead TQFP and 64-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega128A
- Speed Grades
 - 0 - 16 MHz for ATmega128A



8-bit AVR[®] Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash

ATmega128A

Rev. 8151E-AVR-02/10



27. Electrical Characteristics

27.1 Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage	6.0V
DC Current per I/O Pin	40.0 mA
DC Current V_{CC} and GND Pins.....	200.0 - 400.0mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

27.2 DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins	$V_{CC}=2.7 - 5.5.$	-0.5		$0.2 V_{CC}^{(1)}$	V
V_{IH}	Input High Voltage except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins	$V_{CC}=2.7 - 5.5.$	$0.6 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IL1}	Input Low Voltage XTAL1 pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5.$	-0.5		$0.1 V_{CC}^{(1)}$	V
V_{IH1}	Input High Voltage XTAL1 pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5.$	$0.7 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IL2}	Input Low Voltage $\overline{\text{RESET}}$ pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5.$	-0.5		$0.2 V_{CC}^{(1)}$	V
V_{IH2}	Input High Voltage $\overline{\text{RESET}}$ pin	$V_{CC}=2.7 - 5.5.$	$0.85 V_{CC}^{(2)}$		$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low Voltage ⁽³⁾ (Ports A,B,C,D, E, F, G)	$I_{OL} = 20 \text{ mA}, V_{CC} = 5V$ $I_{OL} = 10 \text{ mA}, V_{CC} = 3V$			0.9 0.6	V V
V_{OH}	Output High Voltage ⁽⁴⁾ (Ports A,B,C,D, E, F, G)	$I_{OH} = -20 \text{ mA}, V_{CC} = 5V$ $I_{OH} = -10 \text{ mA}, V_{CC} = 3V$	4.2 2.2			V V
I_{IL}	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5V$, pin low (absolute value)			1.0	μA
I_{IH}	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5V$, pin high (absolute value)			1.0	μA
R_{RST}	Reset Pull-up Resistor		30	60	85	$k\Omega$
R_{PEN}	PEN Pull-up Resistor		30		60	$k\Omega$
R_{PU}	I/O Pin Pull-up Resistor		20		50	$k\Omega$

ATmega128A

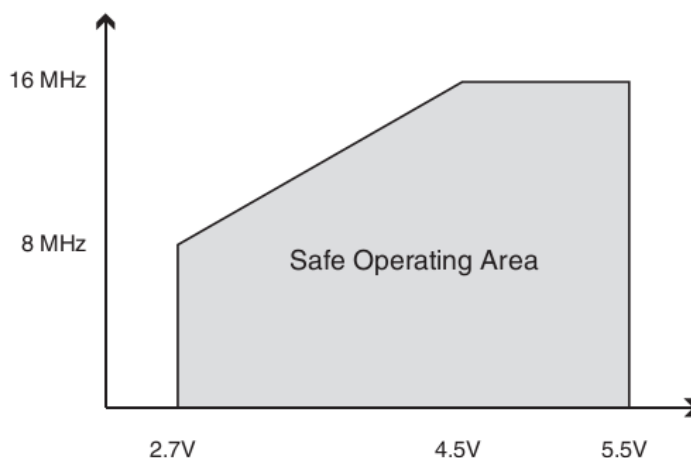
$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 2.7\text{V}$ to 5.5V (unless otherwise noted) (Continued)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
I_{CC}	Power Supply Current	Active 4 MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		3	5.5	mA
		Active 8 MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		9.8	19	mA
		Idle 4 MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		1	2.5	mA
		Idle 8 MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		3.5	11	mA
	Power-down mode	WDT enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		< 10	25	μA
		WDT disabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		< 1	10	μA
V_{ACIO}	Analog Comparator Input Offset Voltage	$V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{in} = V_{CC}/2$			40	mV
I_{ACLK}	Analog Comparator Input Leakage Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{in} = V_{CC}/2$	-50		50	nA
t_{ACPD}	Analog Comparator Propagation Delay	$V_{CC} = 2.7\text{V}$ $V_{CC} = 5.0\text{V}$		750 500		ns

- Notes:
- "Max" means the highest value where the pin is guaranteed to be read as low
 - "Min" means the lowest value where the pin is guaranteed to be read as high
 - Although each I/O port can sink more than the test conditions (20 mA at $V_{CC} = 5\text{V}$, 10 mA at $V_{CC} = 3\text{V}$) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:
TQFP and QFN/MLF Package:
 - The sum of all IOL, for all ports, should not exceed 400 mA.
 - The sum of all IOL, for ports A0 - A7, G2, C3 - C7 should not exceed 100 mA.
 - The sum of all IOL, for ports C0 - C2, G0 - G1, D0 - D7, XTAL2 should not exceed 100 mA.
 - The sum of all IOL, for ports B0 - B7, G3 - G4, E0 - E7 should not exceed 100 mA.
 - The sum of all IOL, for ports F0 - F7, should not exceed 100 mA.
 If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test condition.
 - Although each I/O port can source more than the test conditions (20 mA at $V_{CC} = 5\text{V}$, 10 mA at $V_{CC} = 3\text{V}$) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:
TQFP and QFN/MLF Package:
 - The sum of all IOH, for all ports, should not exceed 400 mA.
 - The sum of all IOH, for ports A0 - A7, G2, C3 - C7 should not exceed 100 mA.
 - The sum of all IOH, for ports C0 - C2, G0 - G1, D0 - D7, XTAL2 should not exceed 100 mA.
 - The sum of all IOH, for ports B0 - B7, G3 - G4, E0 - E7 should not exceed 100 mA.
 - The sum of all IOH, for ports F0 - F7, should not exceed 100 mA.
 If IOH exceeds the test condition, VOH may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to source current greater than the listed test condition.

27.3 Speed Grades

Figure 27-1. Maximum Frequency vs. V_{CC} .



27.4 Clock Characteristics

Figure 27-2. External Clock Drive Waveforms

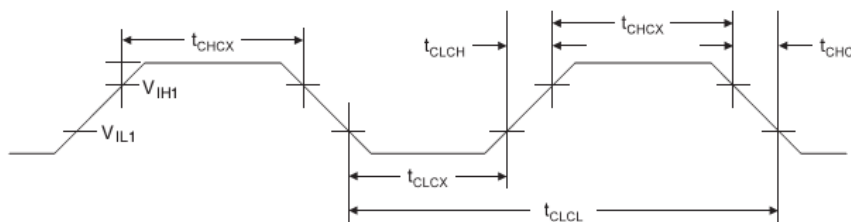


Table 27-1. External Clock Drive

Symbol	Parameter	$V_{CC} = 2.7V \text{ to } 5.5V$		$V_{CC} = 4.5V \text{ to } 5.5V$		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	8	0	16	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	125		62.5		ns
t_{CHCX}	High Time	50		25		ns
t_{CLCX}	Low Time	50		25		ns
t_{CLCH}	Rise Time		1.6		0.5	μs
t_{CHCL}	Fall Time		1.6		0.5	μs
Δt_{CLCL}	Change in period from one clock cycle to the next		2		2	%

Table 27-2. External RC Oscillator, Typical Frequencies

R [kΩ] ⁽¹⁾	C [pF]	f ⁽²⁾
33	22	650 kHz
10	22	2.0 MHz

Notes: 1. R should be in the range 3 kΩ - 100 kΩ, and C should be at least 20 pF. The C values given in the table includes pin capacitance. This will vary with package type.
 2. The frequency will vary with package type and board layout.

27.5 System and Reset Characteristics

Table 27-3. Reset Characteristics

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V _{POT}	Power-on Reset Threshold Voltage (rising)			1.4	2.3	V
	Power-on Reset Threshold Voltage (falling) ⁽¹⁾			1.3	2.3	V
V _{RST}	RESET Pin Threshold Voltage		0.2 V _{CC}		0.85 V _{CC}	V
t _{RST}	Pulse width on RESET Pin		1.5			μs
V _{BOT}	Brown-out Reset Threshold Voltage ⁽²⁾	BODLEVEL = 0	3.7	4.0	4.5	V
t _{BOD}	Minimum low voltage period for Brown-out Detection	BODLEVEL = 0		2		μs
V _{HYST}	Brown-out Detector hysteresis			100		mV

Notes: 1. The Power-on Reset will not work unless the supply voltage has been below V_{POT} (falling)
 2. V_{BOT} may be below nominal minimum operating voltage for some devices. For devices where this is the case, the device is tested down to V_{CC} = V_{BOT} during the production test. This guarantees that a Brown-out Reset will occur before V_{CC} drops to a voltage where correct operation of the microcontroller is no longer guaranteed. The test is performed using BODLEVEL=0 for ATmega128A. BODLEVEL=1 is not applicable for ATmega128A.

20. USART

20.1 Features

- Full Duplex Operation (Independent Serial Receive and Transmit Registers)
- Asynchronous or Synchronous Operation
- Master or Slave Clocked Synchronous Operation
- High Resolution Baud Rate Generator
- Supports Serial Frames with 5, 6, 7, 8, or 9 Data Bits and 1 or 2 Stop Bits
- Odd or Even Parity Generation and Parity Check Supported by Hardware
- Data OverRun Detection
- Framing Error Detection
- Noise Filtering Includes False Start Bit Detection and Digital Low Pass Filter
- Three Separate Interrupts on TX Complete, TX Data Register Empty, and RX Complete
- Multi-processor Communication Mode
- Double Speed Asynchronous Communication Mode

20.1.1 Dual USART

The Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter (USART) is a highly flexible serial communication device. The ATmega128A has two USART's, USART0 and USART1. The functionality for both USART's is described below. USART0 and USART1 have different I/O registers as shown in "[Register Summary](#)" on page 366. Note that in ATmega103 compatibility mode, USART1 is not available, neither is the UBRR0H or UCRS0C Registers. This means that in ATmega103 compatibility mode, the ATmega128A supports asynchronous operation of USART0 only.

20.2 Overview

A simplified block diagram of the USART transmitter is shown in [Figure 20-1](#). CPU accessible I/O registers and I/O pins are shown in bold.

Signal description:

txclk	Transmitter clock. (Internal Signal)
rxclk	Receiver base clock. (Internal Signal)
xcki	Input from XCK pin (internal Signal). Used for synchronous slave operation.
xcko	Clock output to XCK pin (Internal Signal). Used for synchronous master operation.
fosc	XTAL pin frequency (System Clock).

20.3.1 Internal Clock Generation – The Baud Rate Generator

Internal clock generation is used for the asynchronous and the synchronous master modes of operation. The description in this section refers to [Figure 20-2](#).

The USART Baud Rate Register (UBRR) and the down-counter connected to it function as a programmable prescaler or baud rate generator. The down-counter, running at system clock (f_{osc}), is loaded with the UBRR value each time the counter has counted down to zero or when the UBRR Register is written. A clock is generated each time the counter reaches zero. This clock is the baud rate generator clock output ($= f_{osc}/(UBRR+1)$). The transmitter divides the baud rate generator clock output by 2, 8, or 16 depending on mode. The baud rate generator output is used directly by the receiver's clock and data recovery units. However, the recovery units use a state machine that uses 2, 8, or 16 states depending on mode set by the state of the UMSEL, U2X and DDR_XCK bits.

[Table 20-1](#) contains equations for calculating the baud rate (in bits per second) and for calculating the UBRR value for each mode of operation using an internally generated clock source.

Table 20-1. Equations for Calculating Baud Rate Register Setting

Operating Mode	Equation for Calculating Baud Rate ⁽¹⁾	Equation for Calculating UBRR Value
Asynchronous Normal Mode (U2X = 0)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{16(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{16BAUD} - 1$
Asynchronous Double Speed Mode (U2X = 1)	$BAUD = \frac{f_{osc}}{8(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{8BAUD} - 1$
Synchronous Master Mode	$BAUD = \frac{f_{osc}}{2(UBRR + 1)}$	$UBRR = \frac{f_{osc}}{2BAUD} - 1$

Note: 1. The baud rate is defined to be the transfer rate in bit per second (bps).

BAUD Baud rate (in bits per second, bps)

fOSC System Oscillator clock frequency

UBRR Contents of the UBRRH and UBRRL Registers, (0 - 4095)

Some examples of UBRR values for some system clock frequencies are found in [Table 20-9](#) (see [page 198](#)).

20.3.2 Double Speed Operation (U2X)

The transfer rate can be doubled by setting the U2X bit in UCSRA. Setting this bit only has effect for the asynchronous operation. Set this bit to zero when using synchronous operation.

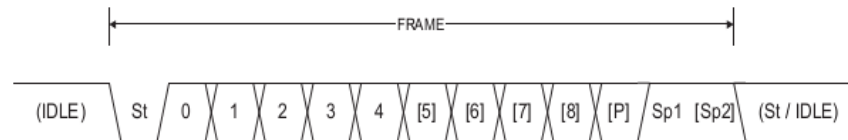
20.4 Frame Formats

A serial frame is defined to be one character of data bits with synchronization bits (start and stop bits), and optionally a parity bit for error checking. The USART accepts all 30 combinations of the following as valid frame formats:

- 1 start bit
- 5, 6, 7, 8, or 9 data bits
- no, even or odd parity bit
- 1 or 2 stop bits

A frame starts with the start bit followed by the least significant data bit. Then the next data bits, up to a total of nine, are succeeding, ending with the most significant bit. If enabled, the parity bit is inserted after the data bits, before the stop bits. When a complete frame is transmitted, it can be directly followed by a new frame, or the communication line can be set to an idle (high) state. Figure 20-4 illustrates the possible combinations of the frame formats. Bits inside brackets are optional.

Figure 20-4. Frame Formats



St	Start bit, always low.
(n)	Data bits (0 to 8).
P	Parity bit. Can be odd or even.
Sp	Stop bit, always high.
IDLE	No transfers on the communication line (RxD or TxD). An IDLE line must be high.

The frame format used by the USART is set by the UCSZ2:0, UPM1:0 and USBS bits in UCSRB and UCSRC. The receiver and transmitter use the same setting. Note that changing the setting of any of these bits will corrupt all ongoing communication for both the receiver and transmitter.

The USART Character SiZe (UCSZ2:0) bits select the number of data bits in the frame. The USART Parity mode (UPM1:0) bits enable and set the type of parity bit. The selection between one or two stop bits is done by the *USART Stop Bit Select* (USBS) bit. The receiver ignores the second stop bit. An FE (Frame Error) will therefore only be detected in the cases where the first stop bit is zero.

20.4.1 Parity Bit Calculation

The parity bit is calculated by doing an exclusive-or of all the data bits. If odd parity is used, the result of the exclusive or is inverted. The relation between the parity bit and data bits is as follows:

$$P_{even} = d_{n-1} \oplus \dots \oplus d_3 \oplus d_2 \oplus d_1 \oplus d_0 \oplus 0$$

$$P_{odd} = d_{n-1} \oplus \dots \oplus d_3 \oplus d_2 \oplus d_1 \oplus d_0 \oplus 1$$

P_{even}	Parity bit using even parity
P_{odd}	Parity bit using odd parity

d_n Data bit n of the character

If used, the parity bit is located between the last data bit and first stop bit of a serial frame.

20.5 USART Initialization

The USART has to be initialized before any communication can take place. The initialization process normally consists of setting the baud rate, setting frame format and enabling the Transmitter or the Receiver depending on the usage. For interrupt driven USART operation, the global interrupt flag should be cleared (and interrupts globally disabled) when doing the initialization.

Before doing a re-initialization with changed baud rate or frame format, be sure that there are no ongoing transmissions during the period the registers are changed. The TXC flag can be used to check that the Transmitter has completed all transfers, and the RXC flag can be used to check that there are no unread data in the receive buffer. Note that the TXC flag must be cleared before each transmission (before UDR is written) if it is used for this purpose.

The following simple USART initialization code examples show one assembly and one C function that are equal in functionality. The examples assume asynchronous operation using polling (no interrupts enabled) and a fixed frame format. The baud rate is given as a function parameter. For the assembly code, the baud rate parameter is assumed to be stored in the r17:r16 registers.

20.10 Examples of Baud Rate Setting

For standard crystal and resonator frequencies, the most commonly used baud rates for asynchronous operation can be generated by using the UBRR settings in Table 20-9. UBRR values which yield an actual baud rate differing less than 0.5% from the target baud rate, are bold in the table. Higher error ratings are acceptable, but the receiver will have less noise resistance when the error ratings are high, especially for large serial frames (see "Asynchronous Operational Range" on page 190). The error values are calculated using the following equation:

$$\text{Error[\%]} = \left(\frac{\text{BaudRate}_{\text{Closest Match}}}{\text{BaudRate}} - 1 \right) \cdot 100\%$$

Table 20-9. Examples of UBRR Settings for Commonly Used Oscillator Frequencies

Baud Rate (bps)	f _{osc} = 1.0000 MHz				f _{osc} = 1.8432 MHz				f _{osc} = 2.0000 MHz			
	U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1		U2X = 0		U2X = 1	
	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error	UBRR	Error
2400	25	0.2%	51	0.2%	47	0.0%	95	0.0%	51	0.2%	103	0.2%
4800	12	0.2%	25	0.2%	23	0.0%	47	0.0%	25	0.2%	51	0.2%
9600	6	-7.0%	12	0.2%	11	0.0%	23	0.0%	12	0.2%	25	0.2%
14.4k	3	8.5%	8	-3.5%	7	0.0%	15	0.0%	8	-3.5%	16	2.1%
19.2k	2	8.5%	6	-7.0%	5	0.0%	11	0.0%	6	-7.0%	12	0.2%
28.8k	1	8.5%	3	8.5%	3	0.0%	7	0.0%	3	8.5%	8	-3.5%
38.4k	1	-18.6%	2	8.5%	2	0.0%	5	0.0%	2	8.5%	6	-7.0%
57.6k	0	8.5%	1	8.5%	1	0.0%	3	0.0%	1	8.5%	3	8.5%
76.8k	-	-	1	-18.6%	1	-25.0%	2	0.0%	1	-18.6%	2	8.5%
115.2k	-	-	0	8.5%	0	0.0%	1	0.0%	0	8.5%	1	8.5%
230.4k	-	-	-	-	-	-	0	0.0%	-	-	-	-
250k	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.0%
Max ⁽¹⁾	62.5 kbps		125 kbps		115.2 kbps		230.4 kbps		125 kbps		250 kbps	

1. UBRR = 0, Error = 0.0%



21. Two-wire Serial Interface

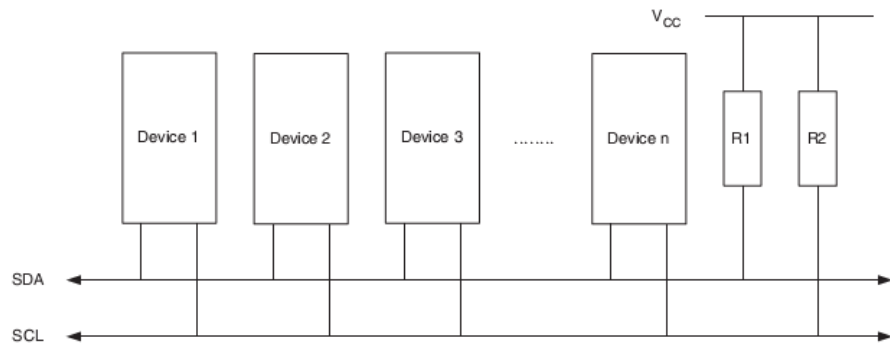
21.1 Features

- Simple yet Powerful and Flexible Communication Interface, only Two Bus Lines Needed
- Both Master and Slave Operation Supported
- Device can Operate as Transmitter or Receiver
- 7-bit Address Space allows up to 128 Different Slave Addresses
- Multi-master Arbitration Support
- Up to 400 kHz Data Transfer Speed
- Slew-rate Limited Output Drivers
- Noise Suppression Circuitry Rejects Spikes on Bus Lines
- Fully Programmable Slave Address with General Call Support
- Address Recognition Causes Wake-up when AVR is in Sleep Mode

21.2 Two-wire Serial Interface Bus Definition

The Two-wire Serial Interface (TWI) is ideally suited for typical microcontroller applications. The TWI protocol allows the systems designer to interconnect up to 128 different devices using only two bi-directional bus lines, one for clock (SCL) and one for data (SDA). The only external hardware needed to implement the bus is a single pull-up resistor for each of the TWI bus lines. All devices connected to the bus have individual addresses, and mechanisms for resolving bus contention are inherent in the TWI protocol.

Figure 21-1. TWI Bus Interconnection



21.2.1 TWI Terminology

The following definitions are frequently encountered in this section.

Table 21-1. TWI Terminology

Term	Description
Master	The device that initiates and terminates a transmission. The master also generates the SCL clock
Slave	The device addressed by a master
Transmitter	The device placing data on the bus
Receiver	The device reading data from the bus

21.2.2 Electrical Interconnection

As depicted in [Figure 21-1](#), both bus lines are connected to the positive supply voltage through pull-up resistors. The bus drivers of all TWI-compliant devices are open-drain or open-collector. This implements a wired-AND function which is essential to the operation of the interface. A low level on a TWI bus line is generated when one or more TWI devices output a zero. A high level is output when all TWI devices tri-state their outputs, allowing the pull-up resistors to pull the line high. Note that all AVR devices connected to the TWI bus must be powered in order to allow any bus operation.

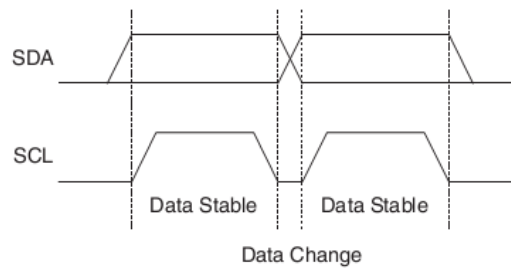
The number of devices that can be connected to the bus is only limited by the bus capacitance limit of 400 pF and the 7-bit slave address space. A detailed specification of the electrical characteristics of the TWI is given in [“Two-wire Serial Interface Characteristics” on page 324](#). Two different sets of specifications are presented there, one relevant for bus speeds below 100 kHz, and one valid for bus speeds up to 400 kHz.

21.3 Data Transfer and Frame Format

21.3.1 Transferring Bits

Each data bit transferred on the TWI bus is accompanied by a pulse on the clock line. The level of the data line must be stable when the clock line is high. The only exception to this rule is for generating start and stop conditions.

Figure 21-2. Data Validity

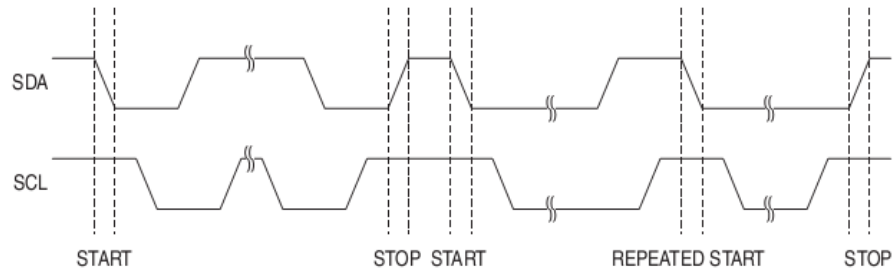


21.3.2 START and STOP Conditions

The master initiates and terminates a data transmission. The transmission is initiated when the master issues a START condition on the bus, and it is terminated when the master issues a STOP condition. Between a START and a STOP condition, the bus is considered busy, and no other master should try to seize control of the bus. A special case occurs when a new START condition is issued between a START and STOP condition. This is referred to as a REPEATED START condition, and is used when the master wishes to initiate a new transfer without relinquishing control of the bus. After a REPEATED START, the bus is considered busy until the next STOP. This is identical to the START behavior, and therefore START is used to describe both STOP and REPEATED START for the remainder of this datasheet, unless otherwise noted. As depicted below, START and STOP conditions are signalled by changing the level of the SDA line when the SCL line is high.



Figure 21-3. START, REPEATED START and STOP Conditions



21.3.3 Address Packet Format

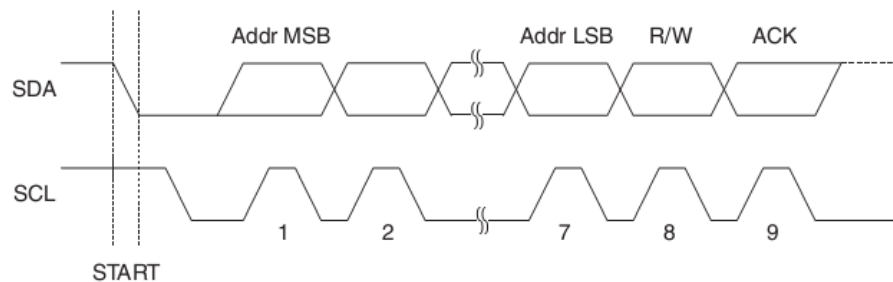
All address packets transmitted on the TWI bus are 9 bits long, consisting of 7 address bits, one READ/WRITE control bit and an acknowledge bit. If the READ/WRITE bit is set, a read operation is to be performed, otherwise a write operation should be performed. When a slave recognizes that it is being addressed, it should acknowledge by pulling SDA low in the ninth SCL (ACK) cycle. If the addressed slave is busy, or for some other reason can not service the master's request, the SDA line should be left high in the ACK clock cycle. The master can then transmit a STOP condition, or a REPEATED START condition to initiate a new transmission. An address packet consisting of a slave address and a READ or a WRITE bit is called SLA+R or SLA+W, respectively.

The MSB of the address byte is transmitted first. Slave addresses can freely be allocated by the designer, but the address 0000 000 is reserved for a general call.

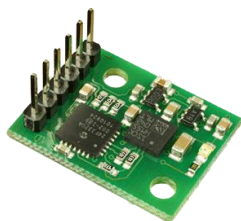
When a general call is issued, all slaves should respond by pulling the SDA line low in the ACK cycle. A general call is used when a master wishes to transmit the same message to several slaves in the system. When the general call address followed by a Write bit is transmitted on the bus, all slaves set up to acknowledge the general call will pull the SDA line low in the ack cycle. The following data packets will then be received by all the slaves that acknowledged the general call. Note that transmitting the general call address followed by a Read bit is meaningless, as this would cause contention if several slaves started transmitting different data.

All addresses of the format 1111 xxx should be reserved for future purposes.

Figure 21-4. Address Packet Format



CMPS10 - Tilt Compensated Compass Module



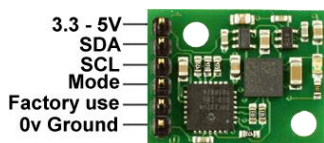
Introduction

The CMPS10 module is a tilt compensated compass. Employing a 3-axis magnetometer and a 3-axis accelerometer and a powerful 16-bit processor, the CMPS10 has been designed to remove the errors caused by tilting of the PCB. The CMPS10 produces a result of 0-3599 representing 0-359.9 or 0 to 255. The output of the three sensors measuring x, y and z components of the magnetic field, together with the pitch and roll are used to calculate the bearing, each of these components are also made available in there raw form. We have also written [examples](#) of using the CMPS10 module with a wide range of popular controllers. The CMPS10 module requires a power supply at 3.3 - 5v and draws a nominal 25mA of current. There are three ways of getting the bearing from the module. A serial interface, an I2C interface or a PWM output.

Mode selection

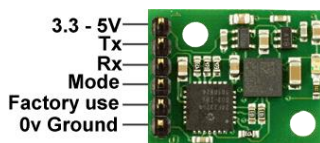
For data on each mode please click the mode heading. Note the CMPS10 looks at the mode selection pins at power-up only.

I2C mode



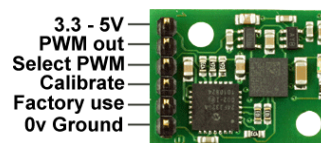
To enter the I2C mode of operation leave the mode pin unconnected

Serial mode



To enter the serial mode of operation connect the mode pin to ground

PWM mode



To enter the PWM mode of operation connect the select PWM pin to ground

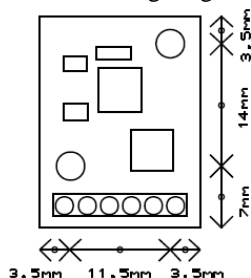
The **Factory use** pin is for our internal testing only, this pin should remain unconnected.

Data update frequency

Updates of the tilt compensated heading occur at 75hz with the data is filtered by means of a 45 sample buffer, this means a complete refresh of the buffer is achieved every 640ms. Raw data from the magnetometer and accelerometer is available every 13.3ms.

PCB Drilling Plan

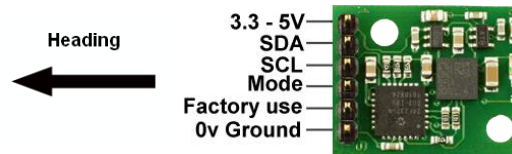
The following diagram shows the CMPS10 PCB mounting hole positions.



CMPS10 - Tilt Compensated Compass Module

I2C mode

Connections



To enter the I2C mode of operation leave the mode pin unconnected

I2C Communication

I2C communication protocol with the compass module is the same as popular eeprom's such as the 24C04. First send a start bit, the module address with the read/write bit low, then the register number you wish to read. This is followed by a repeated start and the module address again with the read/write bit high. You now read one or two bytes for 8bit or 16bit registers respectively. 16bit registers are read high byte first. The compass has a 23 byte array of registers. Organized as below:

Register	Function
0	Software version
1	Compass Bearing as a byte, i.e. 0-255 for a full circle
2,3	Compass Bearing as a word, i.e. 0-3599 for a full circle, representing 0-359.9 degrees.
4	Pitch angle - signed byte giving angle in degrees from the horizontal plane
5	Roll angle - signed byte giving angle in degrees from the horizontal plane
6	Unused
7	Unused
8	Unused
9	Unused
10,11	Magnetometer X axis raw output, 16 bit signed integer with register 10 being the upper 8 bits
12,13	Magnetometer Y axis raw output, 16 bit signed integer with register 12 being the upper 8 bits
14,15	Magnetometer Z axis raw output, 16 bit signed integer with register 14 being the upper 8 bits
16,17	Accelerometer X axis raw output, 16 bit signed integer with register 16 being the upper 8 bits
18,19	Accelerometer Y axis raw output, 16 bit signed integer with register 18 being the upper 8 bits
20,21	Accelerometer Z axis raw output, 16 bit signed integer with register 20 being the upper 8 bits
22	Command register

Register 1 is the bearing converted to a 0-255 value. This may be easier for some applications than 0-3599 which requires two bytes. For those who require better resolution registers 2 and 3 (high byte first) form a 16 bit unsigned integer in the range 0-3599. This represents 0-359.9°. Register 4 is the pitch angle, giving an angle of 0 when the board is flat and up to +/- 85° at maximum tilt in either direction. Register 5 works the same way but with results for the Roll angle. There is then an array of registers (10-21) providing all the raw sensor data from the magnetic and acceleration sensors. Finally Register 22 is the command register and is used to calibrate the compass, change address and if necessary restore the factory default calibration.

SkyNav SKM53 Series Ultra High Sensitivity and Low Power The Smart Antenna GPS Module

<http://www.webtronico.com>

General Description

The SkyNav SKM53 Series with embedded GPS antenna enables high performance navigation in the most stringent applications and solid fix even in harsh GPS visibility environments.

It is based on the high performance features of the MediaTek 3327 single-chip architecture, Its -165dBm tracking sensitivity extends positioning coverage into place like urban canyons and dense foliage environment where the GPS was not possible before. The 6-pin and USB connector design is the easiest and convenient solution to be embedded in a portable device and receiver like PND, GPS mouse, car holder, personal locator, speed camera detector and vehicle locator.



Figure 1: SKM53 series Top View

Applications

- LBS (Location Based Service)
- Vehicle navigation system
- PND (Portable Navigation Device)
- GPS mouse and Bluetooth GPS receiver
- Timing application

Features

- Ultra high sensitivity: -165dBm
- 22 tracking/66 acquisition-channel receiver
- WAAS/EGNOS/MSAS/GAGAN support
- NMEA protocols (default speed: 9600bps)
- Internal back-up battery and 1PPS output
- One serial port and USB port (option)
- Embedded patch antenna 18.2 x 18.2 x 4.0 mm
- Operating temperature range: -40 to 85°C
- RoHS compliant (Lead-free)
- Tiny form factor : 30mm x20mm x 11.4mm

Pin Assignment

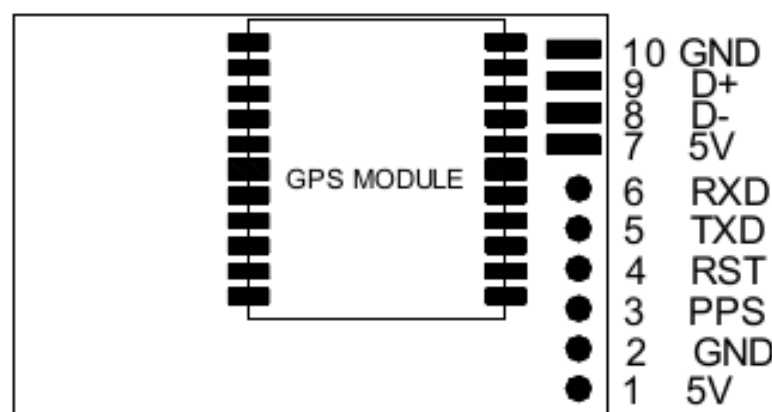


Figure 2: SKM53 Series Pin Package

Performance Specification

Parameter	Specification	
GPS receiver		
Receiver Type	L1 frequency band, C/A code, 22 Tracking / 66 Acquisition-Channel	
Sensitivity	Tracking	-165dBm
	Acquisition	-148dBm
Accuracy	Position	3.0m 3D RMS without SA
	Velocity	0.1 m/s without SA
	Timing (PPS)	60ns RMS
Acquisition Time	Cold Start	36s
	Warm Start	33s
	Hot Start	1s
	Re-Acquisition	<1s
Power Consumption	Tracking	<30mA @3.0V
	Acquisition	40mA @3.0V
	Sleep/Standby	TBD
Navigation Data Update Rate	1Hz	
Operational Limits	Altitude	Max 18,000m
	Velocity	Max 515m/s
	Acceleration	Less than 4g
Antenna Specifications		
Outline Dimension	18.2 x 18.2 x 4.0 mm	
Center Frequency	1575 ± 3 MHz	
Bandwidth	10 MHz min	
Impedance	50 Ω	
Axial Ratio	3 dB max	
Polarization	RHCP	
Mechanical requirements		
Dimension	30mm x 20mm x 11.4mm	
Weight	9g	
Power consumption		
VCC	5V ±5%	
Current	55mA(typical)	
Environment		
Operating temperature	40 ~ +85 °C (w/o backup battery)	
Storage temperature	40 ~ +125 °C	
Humidity	≅95%	

YS-1020UB RF Data Transceiver



YS-1020 series Low power RF modules designed for the professional UART data transmission systems in short range. YS-1020 adapt Texas Instruments (Chipcon) CC1020 RF IC, works on ISM frequency band, half duplex integrated receiving and transmitting. Modules could directly connect with monolithic processors, PC, RS485 devices, and other UART components with RS-232, RS-485 and UART/TTL level interface port. Transparent data interface, nakedness, and wide temperature design handles most industrial application though indoor/outdoor environments.

1. Products Main Features

- * Carrier frequency: 433/450/868/915MHz or ISM others optional, Free License;
- * Interface: RS-232/ RS-485/ TTL optional;
- * Multi-channels: 8 channels, expandable for 16/32 channels;
- * Baud rate in air: 1200/2400/4800/9600/19200/38400bps, set before delivery;
- * Transparent data transmission: What has been received is exactly what has been transmitted, suitable for any standard or non-standard user protocols;
- * Interface format: 8N1/8E1/801 user-defined, or customization for other format interface;
- * Modulation: GFSK. Based on the Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK) modulation, High anti-interference and Low BER (Bit error Rate);
- * Half duplex: Integration of receiver and transmitter, 10ms auto change for receiving and sending;
- * Low power consumption and sleep function;
- * Widen Temperature: $-35^{\circ}\text{C}\sim+75^{\circ}\text{C}$ ($-31\sim 167\text{ F}$);
- * Working humidity: 10%~90% relative humidity without condensation;
- * Impedance: 50Ω (SMA antenna port, multiple antenna options available);
- * Complying with EN 300220 and ARIB STD-T67.

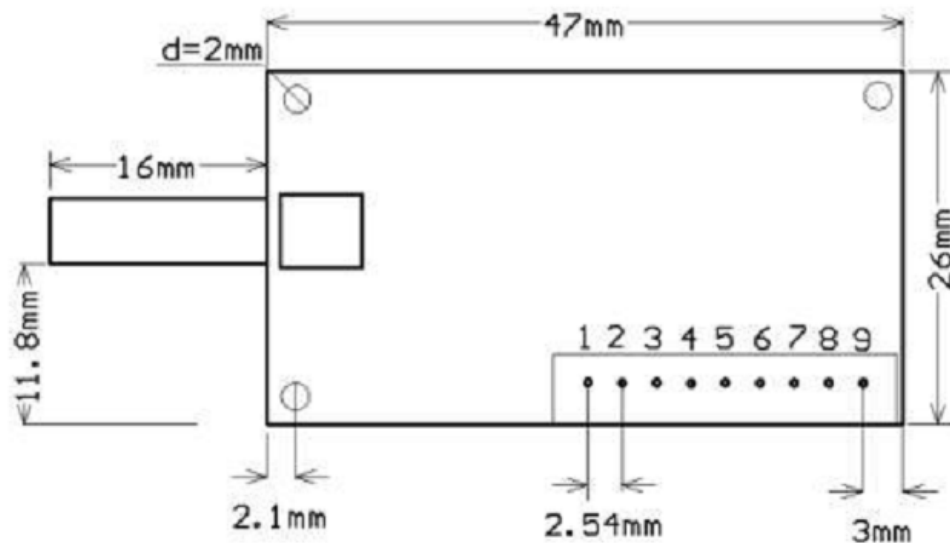
2. Application areas

- * Automatic meter reading(AMR) and home automation ;
- * Wireless smart terminal: POS, PDA,
- * Wireless electronic display screen, LED display;
- * Wireless remote control, Environment monitor, telemetry system;
- * Check attendance system, Queue-management system and positioning in coal mine;
- * RS-485 wire multi-drop system changeover wireless system;
- * Industrial automatic data collection, Wireless Data Acquisition, Wireless sensor, SCADA;

3. Specifications

- * RF power: $\leq 50\text{mW}$ / 17dBm;
- * Receiving current: $< 25\text{mA}$;
- * Transmitting current: $< 55\text{mA}$;
- * Sleep current: $< 20\mu\text{A}$;
- * Power supply: DC 5v or 3.3V;
- * Receiving sensitivity: -115 dBm (@9600bps)
-120 dBm (@1200bps);
- * Size: 47mm \times 26mm \times 10mm (without antenna port);
- * Range: $\leq 0.8\text{Km}$ (BER= 10^{-3} @9600bps, when antenna is 2m above ground in open area),
 $\leq 1\text{ Km}$ (BER= 10^{-3} @1200bps, when antenna is 2m above ground in open area).

4. Installation dimension:



5. Interface definition:

Pin	Pin name	Description	Level	Connection with terminal	Remands
1	GND	Grounding of power supply		Ground	
2	Vcc	Power supply DC	+3.3~5.5V		
3	RXD/TTL	Serial data receiving end	TTL	TxD	
4	TXD/TTL	Serial data transmitting end	TTL	RxD	
5	DGND	Digital grounding			
6	A(TXD)	A of RS-485 or TXD of RS-232		A(RxD)	
7	B(RXD)	B of RS-485 or RXD of RS-232		B(TxD)	
8	Sleep	Sleep control (input)	TTL	Sleep signal	Low level sleep
9	Test	Ex-factory testing			

NOTE: Generally the module is in receiving status, if the Sleep pin (No.8) continuously connects low level ($> 200\text{millisecond}$), the module will be in sleep status, modules can not receive or transmit any data when sleep.

LM1117-N/LM1117I 800mA Low-Dropout Linear Regulator

Check for Samples: [LM1117-N](#), [LM1117I](#)

FEATURES

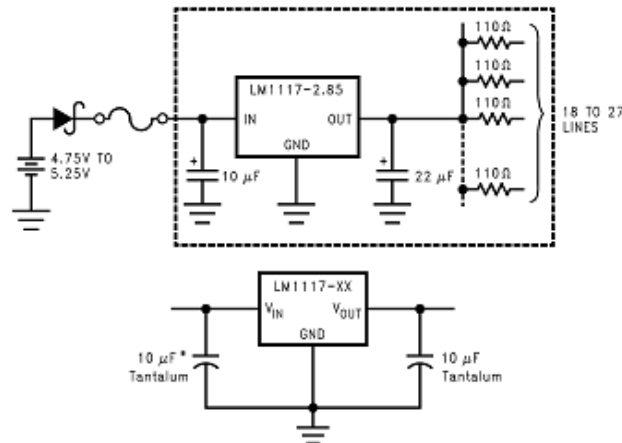
- Available in 1.8V, 2.5V, 2.85V, 3.3V, 5V, and Adjustable Versions
- Space Saving SOT-223 and WSON Packages
- Current Limiting and Thermal Protection
- Output Current 800mA
- Line Regulation 0.2% (Max)
- Load Regulation 0.4% (Max)
- Temperature Range
 - LM1117-N: 0°C to 125°C
 - LM1117I: -40°C to 125°C

APPLICATIONS

- 2.85V Model for SCSI-2 Active Termination
- Post Regulator for Switching DC/DC Converter
- High Efficiency Linear Regulators
- Battery Charger
- Battery Powered Instrumentation

TYPICAL APPLICATION

Active Terminator for SCSI-2 Bus



* Required if the regulator is located far from the power supply filter.

Figure 1. Fixed Output Regulator



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated

